

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

---

Школа Инженерная новых производственных технологий  
Направление подготовки 15.04.05 «Конструкторско-технологическое обеспечение  
машиностроительных производств»  
Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

**МАГИСТЕРСКАЯ ДИССЕРТАЦИЯ**

Тема работы
<b>Исследование динамики источника электрической энергии из потока жидкости преобразователя возврата – вращательного движения</b>

УДК 621.311.212:620.91

Студент

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ61	Иванов Сергей Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гаврилин А. Н.	к.т.н.		

**КОНСУЛЬТАНТЫ:**

По разделу «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ст. преподаватель	Хаперская А. В.			

По разделу «Социальная ответственность»

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Ассистент	Мезенцева И. Л.			

**ДОПУСТИТЬ К ЗАЩИТЕ:**

Руководитель ООП	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Д.Т.Н	Крауиньш П.Я.			

Томск – 2018 г.

**РЕЗУЛЬТАТЫ ОБУЧЕНИЯ**  
**по основной образовательной программе подготовки магистров по направлению 15.04.05**  
**«Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств»,**  
**профиль подготовки «Конструирование технологического оборудования»**  
**ИШНПТ ТПУ, кафедра ТМСПР, руководитель ООП Гаврилин А. Н.**

Код Результата	Результат обучения (выпускник должен быть готов)	Требования ФГОС, критериев и/или заинтересованных сторон
<i>Профессиональные компетенции</i>		
P1	Применять <i>глубокие</i> естественно-научные, математические и инженерные <i>знания</i> для создания <i>нового</i> технологического оборудования и его эксплуатации.	Требования ФГОС ВО (ПК-19, 20) <sup>1</sup> , Критерий 5 АИОР (п. 1.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P2	Применять <i>глубокие знания</i> в области современных методов проектирования и технологий машиностроительного производства для решения <i>междисциплинарных</i> инженерных задач	Требования ФГОС ВО (ПК-1, ОК-8), Критерий 5 АИОР (пп. 1.1, 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P3	Ставить и решать <i>инновационные</i> задачи <i>инженерного анализа</i> , связанные с созданием технологических машин и их эксплуатацией, с использованием производственных испытаний, системного анализа, моделирования объектов и процессов машиностроения	Требования ФГОС ВО (ПК-16, ОК-2, 3), Критерий 5 АИОР (пп. 1.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P4	<i>Разрабатывать и проектировать</i> новое оборудование и технологические машины и использовать <i>новое</i> оборудование, и инструменты для производства изделий, конкурентоспособных на <i>мировом</i> рынке машиностроительного производства	Требования ФГОС ВО (ПК-5, 23, 26), Критерий 5 АИОР (п. 1.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P5	Проводить теоретические и экспериментальные <i>исследования</i> при создании современных высокоэффективных машин, технологий производства изделий, материалов, nano технологий.	Требования ФГОС ВО (ПК-21, 24, ОК-4, 6), Критерий 5 АИОР (п. 1.4), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

<sup>1</sup> Указаны коды компетенций по ФГОС ВО (направление 15.04.05 – Конструкторско-технологическое обеспечение машиностроительных производств),

P6	Внедрять, эксплуатировать и обслуживать современные высокотехнологичные линии автоматизированного производства, обеспечивать их высокую эффективность, соблюдать правила охраны здоровья и безопасности труда на машиностроительном производстве, выполнять требования по защите окружающей среды	Требования ФГОС ВО (ПК-1, 2, 4, 14, 15, 25), Критерий 5 АИОР (п. 1.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
<i>Универсальные компетенции</i>		
P7	Использовать глубокие знания по проектному менеджменту для ведения инновационной инженерной деятельности с учетом юридических аспектов защиты интеллектуальной собственности	Требования ФГОС ВО (ПК-3, 8, 9, 10, 11, 12, 13), Критерий 5 АИОР (п. 2.1), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P8	Активно владеть иностранным языком на уровне, позволяющем работать в иноязычной среде, разрабатывать документацию, презентовать и защищать результаты инновационной инженерной деятельности	Требования ФГОС ВО (ПК-7, ОК-9), Критерий 5 АИОР (п. 2.2), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P9	Эффективно работать индивидуально, в качестве члена и руководителя группы, состоящей из специалистов различных направлений и квалификаций, демонстрировать ответственность за результаты работы и готовность следовать корпоративной культуре организации	Требования ФГОС ВО (ПК-6, 17, 18, ОК-10), Критерий 5 АИОР (пп. 1.6, 2.3), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P10	Демонстрировать глубокие знания социальных, этических и культурных аспектов инновационной инженерной деятельности, компетентность в вопросах устойчивого развития	Требования ФГОС ВО (ПК-22, ОК-7), Критерий 5 АИОР (пп. 2.4, 2.5), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>
P11	Самостоятельно учиться и непрерывно повышать квалификацию в течение всего периода профессиональной деятельности	Требования ФГОС ВО (ОК-1, 5), Критерий 5 АИОР (2.6), согласованный с требованиями международных стандартов <i>EUR-ACE</i> и <i>FEANI</i>

**Министерство образования и науки Российской Федерации**  
федеральное государственное автономное образовательное учреждение  
высшего образования  
**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

Школа Инженерная новых производственных технологий  
Направление подготовки (специальность) 15.04.05 «Конструкторско-технологическое  
обеспечение машиностроительных производств»  
Отделение школы (НОЦ) Материаловедения

УТВЕРЖДАЮ:  
Руководитель ООП

\_\_\_\_\_  
(Подпись)      (Дата)      (Ф.И.О.)

**ЗАДАНИЕ**  
**на выполнение выпускной квалификационной работы**

В форме:

<b>Магистерской диссертации</b>
---------------------------------

(бакалаврской работы, дипломного проекта/работы, магистерской диссертации)

Студенту:

Группа	ФИО
8НМ61	Иванову Сергею Евгеньевичу

Тема работы:

<b>Исследование динамики источника электрической энергии из потока жидкости преобразователя возврата – вращательного движения</b>	
Утверждена приказом директора (дата, номер)	Приказ 1974/с 20.03.2018

Срок сдачи студентом выполненной работы:	05.06.2018
--	------------

**ТЕХНИЧЕСКОЕ ЗАДАНИЕ:**

<b>Исходные данные к работе</b>	Провести исследование динамики источника электрической энергии из потока жидкости преобразователя возврата – вращательного движения.
<b>Перечень подлежащих исследованию, проектированию и разработке вопросов</b>	Провести комплексный информационно-аналитический обзор методов и устройств, которые применяются для источников электрической энергии из потока жидкости преобразователя возврата – вращательного движения. Оценить достоинства и недостатки их. На основе этого разработать принципиальную схему своего устройства.

	Составить расчетную схему и математическую модель. Провести экспериментальные исследования. Сделать выводы по полученным данным.
<b>Перечень графического материала</b>	Принципиальная схема. Кинематическая схема. Структурная схема. Построить графики перемещения.
<b>Консультанты по разделам выпускной квалификационной работы</b> (с указанием разделов)	
<b>Раздел</b>	<b>Консультант</b>
Информационно-аналитический обзор	Гаврилин А.Н.
Расчеты и аналитика	Гаврилин А.Н.
Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение	Хапёрская А. В.
Социальная ответственность	Мезенцева И. Л.
Английский язык	Степура С. Н
<b>Названия разделов, которые должны быть написаны на русском и иностранном языках:</b>	
Информационно-аналитический обзор	

<b>Дата выдачи задания на выполнение выпускной квалификационной работы по линейному графику</b>	
---	--

**Задание выдал руководитель:**

<b>Должность</b>	<b>ФИО</b>	<b>Ученая степень, звание</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
Доцент	Гаврилин А. Н			

**Задание принял к исполнению студент:**

<b>Группа</b>	<b>ФИО</b>	<b>Подпись</b>	<b>Дата</b>
8НМ61	Иванов Сергей Евгеньевич		

## РЕФЕРАТ

Выпускная квалификационная работа 121 с., 37 рис., 18 табл., 32 источников, 1 прил.

Ключевые слова: ГЭС, источник, установка, флаттер, колебания, крыло, жидкость.

Объектом исследования является Источник электрической энергии из потока жидкости преобразователя возвратно – вращательного движения.

Цель работы – разработка и исследования динамики устройства, оптимизировать параметры данного устройства

В процессе исследования проводились разработка 3D модели данного устройства, исследование и процесс работы в среде MatLab.Simulink

В результате исследования проведен анализ кинематики, динамических параметров.

Основные конструктивные, технологические и технико-эксплуатационные характеристики: устройства определяется его относительно небольшими габаритами и дешевизной изготовления, достигаемой за счет простоты конструкции.

Область применения: Гидроэнергетика

Экономическая эффективность/значимость работы: описываемая в работе установка представляет экономически более выгодной в сравнении применяемым в настоящее время источником малой ГЭС.

## ОПРЕДЕЛЕНИЯ И ОБОЗНАЧЕНИЯ

**КПД** – коэффициент полезного действия.

**ВИЭ** - возобновляемые источники электроэнергии.

**ГЭС (МГЭС)** – малая гидроэлектростанция.

**Флаттер** — сочетание самовозбуждающихся незатухающих изгибающих и крутящих автоколебаний элементов конструкции летательного аппарата.

**Изгибно-крутильный флаттер** – критическая точка изгибно-крутильного флаттера.

## Оглавление

Введение .....	10
1. ИНФОРМАЦИОННО АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР .....	14
1.1 Патентный обзор .....	17
1.1.1 ГЭС на кольцевом потоке воды .....	17
1.1.2 Уравнительный резервуар напорного деривационного водовода ГЭС .....	22
1.1.3 Способ эксплуатации малой ГЭС .....	28
1.2. Преимущества генераторов с колеблющимися крыльями. ....	35
1.3. Создаваемые аналоги электростанций, экстрагирующих энергию подводных течений с помощью колеблющегося крыла .....	37
1.3.1. Компании, которые занимаются разработкой малой ГЭС за границей. ....	37
1.3.2. Гидропотенциал России, его использование. ....	40
2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ .....	41
2.1. Изгибно-крутильный флаттер .....	41
2.2. Изгибно-элеронный флаттер .....	46
2.3. Расчет возникновения флаттера .....	48
2.3.1. Расчет силы сопротивления крыла потоку жидкости .....	48
2.3.2 Заключение по расчетам условия колебания крыла .....	50
2.4. Техническое задание на разработку мини гидроэлектростанции, экстрагирующих энергию течения воды. ....	52
3. РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА .....	53
3.1 Характеристика и расчет конструкции .....	53
3.2. Принципиальная схема. ....	54
3.3. Расчет катушки индуктивности .....	59
3.4. Расчет торсионного вала .....	61
3.5. Расчет коэффициента трения .....	64
3.6. Математическая модель источника электрической энергии из потока жидкости преобразователя возврата - вращательного движения. ....	66
3.6.1. Кинематическая схема установки .....	66
3.6.2. Расчётная схема устройства .....	68
4. РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ ПОТОКА ЖИДКОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВОЗВРАТНО - ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ. ....	73
5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ .....	76
5.1 Предпроектный анализ .....	76
5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования .....	76



5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения .....	77
5.2 SWOT-анализ .....	78
5.3 Планирование научно-исследовательских работ .....	79
5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования .....	79
5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ .....	81
5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования .....	82
5.3.4 Расчет материальных затрат НТИ .....	85
5.3.5 Основная заработная плата исполнителей .....	86
5.3.6 Дополнительная заработная плата исполнителей темы .....	89
5.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления) .....	90
5.3.8 Накладные расходы .....	91
5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования .....	91
Заключение .....	95
6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ .....	96
Введение .....	96
6.1. Производственная безопасность .....	97
6.1.1. Общая характеристика помещения .....	97
6.1.2. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения .....	97
6.1.2.1 Повышенный уровень электромагнитных излучений .....	99
6.1.2.2. Недостаточная освещённость .....	101
6.1.2.3. Повышенный уровень шума на рабочем месте .....	102
5.1.3. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения .....	103
6.2. Экологическая безопасность .....	104
6.2.1. Анализ воздействия объекта на атмосферу и методы защиты .....	104
6.2.2. Анализ воздействия объекта на гидросферу и методы защиты .....	104
ЗАКЛЮЧЕНИЕ .....	111
СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ .....	112
Приложение А .....	115

## Введение

Исследование динамики источника с преобразованием вращательно поступательного движения электрической энергии из потока жидкости актуальна на сегодняшний день. Так как в последние годы большое внимание стало уделяться возобновляемым источникам электроэнергии (ВИЭ), которые предназначены для домашнего и коммерческого использования. Применяются такие установки к таким источникам энергии, у которых запасы восполняются естественным образом, поступающего на поверхность Земли энергия солнечного излучения, в перспективе являются практически неисчерпаемыми.

К экономически эффективному использованию малых ГЭС относятся относительно новые технологии преобразования энергии небольших водотоков малогабаритные станции, не требующие большие мощности, использующие энергию морских приливов, и волновые энергоустановки. Такие установки можно использовать в палаточных лагерях, дом отдыха или туризма, находящихся на большом отдалении от источников электроэнергии.

В наше время можно получить электроэнергию из потока ветра, но при малой силе ветра это будет недостаточно эффективно. Обилия водных ресурсов, которые имеются в России это горные реки, которые имеют больше перспектив.

Электрическую энергию так же можно получать в первую очередь от солнечных лучей так называемая солнечная энергия, а также ее производные это:

- энергия самого ветра;
- энергия растительной биомассы;
- энергия потоков жидкости;
- геотермальная энергия и т.д.

У каждой этих природных возобновляемых источников энергии есть свои недостатки. Такие как: конструкторские, эксплуатационные недостатки и т.п.

Традиционные способы выработки электроэнергии, например, угольные тепловые электростанции, при производстве электричества выбрасывают большое количество вредных газов, таких как двуокись углерода. Возобновляемая электрическая энергия, получаемая от солнца, ветра и воды, используется по всему миру, но не получила широкого распространения во многих странах.

В данной работе используем устройства, преобразующие энергию морских волн в потенциальную энергию воды и в конечном итоге в электрическую энергию, также устройство может использоваться в качестве основного или дополнительного источника питания электроэнергией объектов в открытом море или береговых потребителей. [1]

Данную проблему можно решить, и мы предлагаем исследовать динамику источника с преобразованием вращательно поступательного движения электрической энергии из потока жидкости. Которое не несет не какого вреда для окружающей среды.

Цель магистерской работы является разработка и исследования динамики устройства, оптимизировать параметры данного устройства, далее не менее важным этапом считается анализ и выявление всех недостатков и сложности в ходе процесса разработки устройства.

Дальнейшие рассуждения будут проводиться на основе следующей задачи, являющейся показательной в контексте исследования. Будет рассматриваться динамика маломощного источника электрической энергии из потока жидкости преобразователя возврата – вращательного движения

Задачи данной работы являются: 1) Информационно-аналитический обзор, то есть какие были сделаны и исследованы устройства. 2) Составить принципиальную схему источника с преобразованием вращательно поступательного движения электрической энергии из потока жидкости. 3) Разработать и сконструировать данное устройства. 4) Составить математическую модель. 5) Проанализировать статические параметры.

### **Научная новизна исследования.**

- 1) Флаттер элементов конструкции не устраняется, а используется в качестве полезного природного явления, позволяющего совершать механическую работу элементов конструкций.
- 2) Проводится систематизация исследований исторического опыта человечества с позиций теории и практики применения флаттерных явлений в гидроэнергетике.
- 3) Обоснован подход искусственного создания потока жидкости в качестве транспортера энергии (для взрывоопасных шахт). [1]

### **Практическая значимость исследования.**

- 1) Результаты исследования могут быть использованы при проектировании оборудования в области гидроэнергетики – автономного получения электроэнергии.
- 2) Теоретическое значение исследовательской работы состоит в том, что она вносит определенный вклад в формирование и разработку гидроэнергетических установок, изучения флаттерных явлений. Практическое значение исследования определяется тем, что его результаты применены в разработке преобразователя энергии, использующего колеблющегося крыла.  
в различных сферах, и рассмотрение положительных качеств этого явления.

### **Наименование предмета работы**

Предметом работы является проектирование установки, исследование модели данной установки, позволяющей экстрагировать энергию течения воды в электроэнергию для накопления и дальнейшего использования полученной энергии.

Применяемые материалы должны быть устойчивы коррозии. Прочность элементов, контактирующих с потоком речной воды должна выдерживать соударения с телами, находящимся в речном потоке.

Для удобства и дешевизны производства элементов конструкции рекомендуется использовать наиболее доступные и легкообрабатываемые материалы в современном машиностроении.

Особые требования: взрывобезопасность

## 1. ИНФОРМАЦИОННО АНАЛИТИЧЕСКИЙ ОБЗОР

Целью данного раздела является изучение динамики источника электрической энергии из потока жидкости преобразователя возвратно - вращательного движения, то есть так называется мини ГЭС.

Малая гидроэлектростанция или (МГЭС) – это та гидроэлектростанция, которая вырабатывает малое количество электроэнергии и которое основано на гидроэнергетических установках мощностью от 1 до 3000 кВт.

Общепринятого для всех стран понятия малой гидроэлектростанции нет, в качестве основной характеристики таких ГЭС принята их установленная мощность.[2]

Классифицируются такие установки по мощности на:

- оборудование для мини гидроэлектростанции мощностью до 100 кВт;
- оборудование для микро гидроэлектростанций мощностью до 1000 кВт.

Существуют самые известные возобновляемые источники это такие как: ветрогенераторы, солнечные батареи, гидрогенераторы так называемые (ГЭС). Такие источники, возобновляемые как, известно работают в агрессивных средах и имеют самую максимальную наработку за равный промежуток времени. [3]

Самый простой вариант делать бесплотинные ГЭС, для того что бы возвести плотину потребуется очень большие денежные затраты, так же нужно согласовывать с местными властями и т.д. А бесплотинные мини ГЭС называют проточными. В настоящее время существует четыре варианта таких устройств.

Существующие варианты мини ГЭС

- Водяное колесо – такое колесо, с лопастями которое устанавливают перпендикулярно к поверхности воды. Вода попадает на сами лопасти и заставляет колесо вращаться.



Рисунок. 1.1 Водяное колесо

- Гирляндная мини-ГЭС – как показано на рисунке 1.2 трос на котором жестко закреплённые роторы. [3]

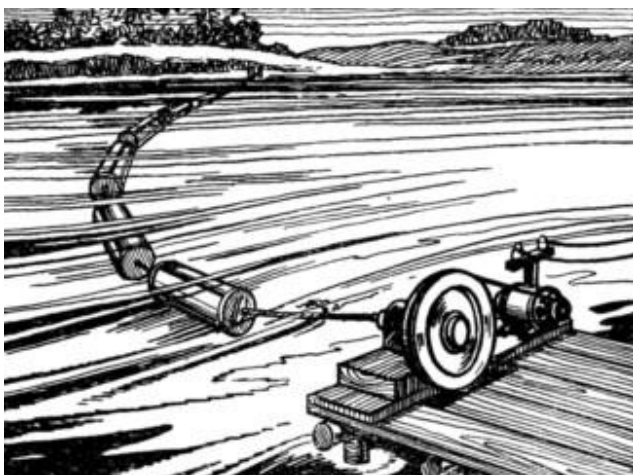


Рисунок 1.2 Гирляндная мини ГЭС

- Ротор Дарье – данное устройство расположено вертикально, ротор вращается за счет давления воды на его лопасти.



Рисунок. 1.3 Ротор Дарье

- Пропеллер - это подводный «ветряк» с вертикальным ротором.

Достоинства и недостатки различных систем мини ГЭС

К недостаткам можно отнести гирляндной малой ГЭС, и они очевидны: очень большая материалоемкость, подводный трос на котором закреплены роторы он очень длинный по влияет на окружающую среду, КПД очень низкий. Можно отнести гирляндную ГЭС к небольшой плотине.

Ротор Дарье он сложен в самом изготовлении, перед тем как начать работать его непосредственно нужно раскрутить. Но он привлекателен тем, что ось ротора расположена вертикально и отбор мощности можно производить над водой, без дополнительных передач. Такой ротор будет вращаться при любом изменении направления потока.

Таким образом, с точки зрения простоты изготовления и получения максимального КПД с минимальными затратами, необходимо выбрать конструкцию типа водяное колесо или пропеллер. [3]



## **1.1 Патентный обзор**

### **1.1.1 ГЭС на кольцевом потоке воды**

Изобретение относится к области гидроэнергетики. Устройство содержит водозабор от реки, быстроток или напорный трубопровод, спиральный или кольцевой лоток, направляющий поток на турбину и генератор, связанный с турбиной. Разогнанный поток, вливающийся из входного патрубка, приобретает форму кольцевого лотка типа гидрокольца, а у входа потока в кольцевой лоток, на дне, установлен порог, а дно кольцевого лотка находится ниже уровня входного патрубка на высоту порога, причем на внешнем борте кольцевого лотка, где установлены монорельсы, перед входным патрубком размещен сегментный поверхностный слив, снабженный горизонтальной регулирующей задвижкой по дуге внешнего борта, под сливом помещена емкость для сбора сливной воды, переходящая в отводной патрубок по касательной корпуса, а в центре корпуса лоткового гидрокольца установлен пилон для крепления оси ротора гидротурбины или генератора электрического тока. Изобретение упрощает конструкцию ГЭС и повышает выработку электроэнергии. 4 ил. [4]

Изобретение относится к области гидроэнергетики, в частности к получению электроэнергии от массы потока воды, движущегося по замкнутому лотку, с искусственным или естественным разгоном, в виде кинетического гидроузла.

Известные, подобного типа, малые гидроэлектростанции, в которых напор создается, в основном, естественным уклоном потока реки или быстротоком, а силовые установки помещаются непосредственно в поток. Аналогии заявки: 2003122970, патент 2183899.

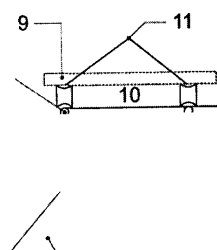
Наиболее близким техническим решением (прототипом) является так называемая «Гравитационно-водоворотная станция» Франца Цотлетерера из Швеции, включающая подводящую систему водовода (напорная

деривация), кольцевой, в виде цилиндра, бассейн со спиральным водоворотным выпуском в центре, куда помещается гидротурбина с вертикальной осью вращения и генератором тока.

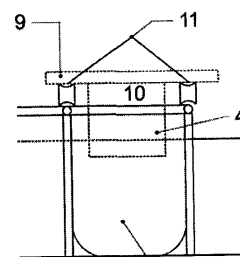
Недостатком прототипа является то, что данный тип ГЭС, используя прямой поток реки, после завихрения, попадает в центральную воронку, куда помещается стандартная турбина с генератором тока. Эта схема имитирует «улитку» крупных плотинных ГЭС, только бассейн с водоворотом является открытым и форма его - цилиндрическая, а не в виде улитки. Подобная ГЭС требует большой расход воды, при малом напоре (0,7-1,0 м) на единицу вырабатываемой мощности. Нерационально увеличивать диаметр бассейна (более 5 м), т.к. резко возрастает расход материалов и стоимость единицы мощности, усложняется обслуживание, а сама мощность ГЭС вырастает незначительно (КПД падает). Размещение агрегатов в центре водоворота также затрудняет его монтаж, обслуживание, а особенно ремонт, необходимо спускать бассейн полностью и извлекать агрегат или создавать крановые надстройки, кроме того, слив через воронку требует дополнительной глубины под корпусом. [4]

Сущность предлагаемого изобретения заключается в том, что разгонный поток, который вливается из входного патрубка, пристроенного по касательной к корпусу открытого кольцевого лотка, приобретает форму кольцевого лотка типа кинетического гидрокольца. У входа потока в кольцевой лоток, на дне, установлен порог, дно которого находится ниже уровня входного патрубка на высоту порога. На внешнем борте кольцевого лотка, где установлены монорельсы, перед входным патрубком размещен сегментный поверхностный слив, снабженный горизонтальной регулирующей задвижкой по дуге внешнего борта. Под сливом помещена емкость для сбора сливной воды, переходящая в отводной патрубок по касательные корпуса, а в центре корпуса лоткового кольца установлен пилон для крепления оси ротора гидротурбины или всего генератора электрического тока.

Устройство ГЭС на кольцевом потоке воды объясняется рисунками, где:

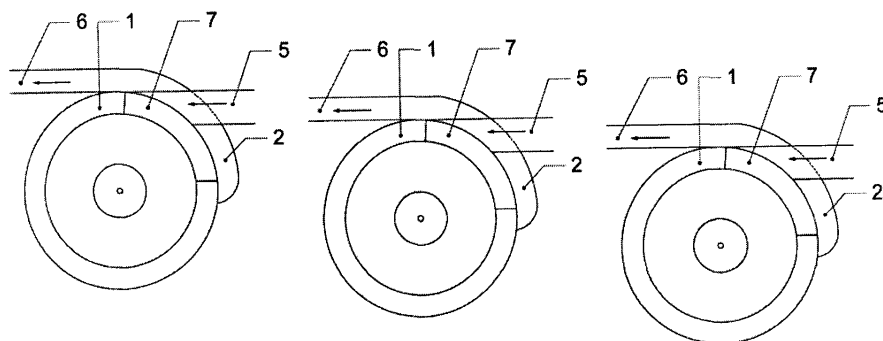


6 М



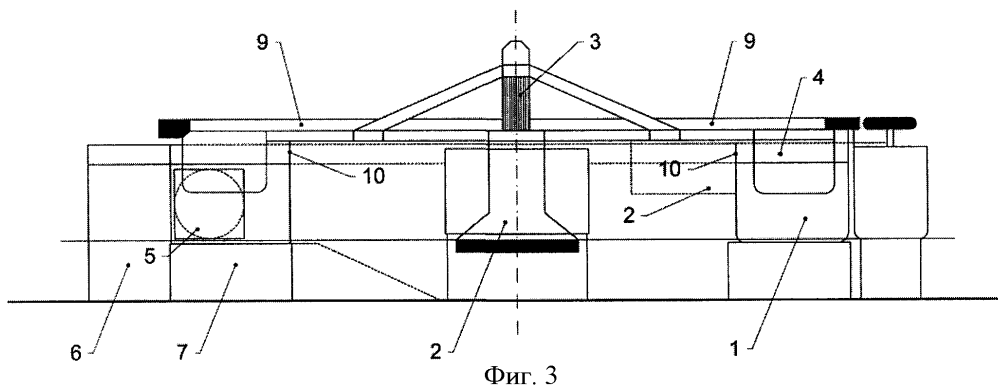
Фиг. 1

Рисунок.1.4 Схема (поперечный разрез по диаметру) кольцевого лотка с входом потока и выходом и с естественным напором воды от реки



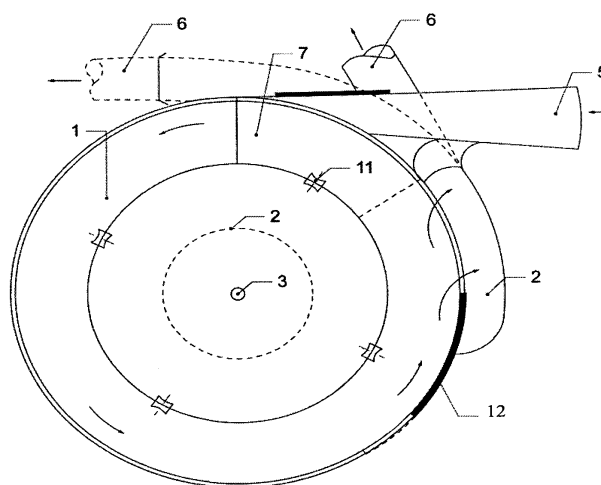
Фиг. 2

Рис. 1.5 Примерная схема в плане, возможного R-каскада кольцевых микро-ГЭС, размещаемых по естественному уклону ландшафта на одном быстротоке



Фиг. 3

Рисунок.1.6 Поперечный разрез кольцевого корпуса с электрическим генератором в центре.



Фиг. 4

Рисунок.1.7 Кольцевая ГЭС, вид сверху

Разгонный канал устраивается по замкнутому кольцу с бортовым водовыпуском, сбросная прорезь в верхней части борта направляет поток в лоток, как бы продолжает свой путь дальше по тому же первоначальному направлению. При такой схеме кольцевого бассейна при тех же параметрах напора сила потока может использоваться эффективней за счет энергии кинетического гидрокольца, если турбину лопастную разместить на направляющих, закрепленных по верхнему краю окружности обоих бортов бассейна, т.е. появляется дополнительный момент сил. Турбина может крепиться своей осью в центре бассейна (при диаметре наружного борта не более шести метров) или с возможностью опоры роликами на внутренний монорельс. Если диаметр кольца больше 6 м, то турбина становится планетарным механизмом, а генераторы могут устанавливаться или внутри свободной полости кольца, или за внешним бортом кольцевого канала. [4]

Рабочие лопасти турбины опущены в поток воды кольцевого лотка. Глубина воды в лотке, ширина кольцевого лотка и напор рассчитываются отдельно для каждого диаметра бассейна напора потока, вида гидротурбины, типа генератора и ожидаемой его мощности. Подобные кольцевые спиралевидные бассейны могут составляться, по уклону ландшафта, в каскад с минимальными затратами материалов (см. рис.4).

У этой схемы ГЭС (с верхним расположением турбины и генераторов)

большой диапазон использования как по месту расположения относительно источника напора (реки) или потребителя энергии, так и по форме сечения кольцевых бассейнов, их размеров и комплектации в каскады, а главное расширяются возможности применения по объему расходов рек и совсем иные новые способы извлечения электрической энергии из кинетической энергии кольцевого потока (гидрокольца).

ГЭС работает следующим образом: поток воды, взятый с помощью деривации из реки, по быстротоку или трубе 5 направляется к, например, железобетонному или пластиковому кольцевому лотку 1 (рис.4, рис.5, рис.6.) расчетного диаметра. Вода, по подводящему лотку 5, входит в спираль лотка 1, закручиваясь, приобретает дополнительное ускорение и уходит через бортовой сброс в лоток 6 или в деривацию на следующую станцию (рис.2). Перед входом в лоток установлен порог 7, регулирующий уровень потока в спиральном лотке 1. Если кольцевой канал ГЭС, небольшого диаметра (до 6 м), то гидротурбина 9 может быть размещена своей осью 3 вращения на пилоне 2 в центре круга внутри полости, а лопасти 4, размещенные по краю окружности турбины, контактируют с водным быстротоком в кольцевом лотке, а с помощью роликов 11 с монорельсом 8 (рис.4).

Турбина, вращаясь от потока воды, через любую известную редукцию передает вращение на генератор, и чем меньше потери на редукторах, тем больше получаемая мощность. Мощность может быть больше при увеличении диаметра кольцевого лотка до 8 м (больше нерационально), но при этом случае турбина 9 при вращении опирается роликами 11 на кольцевые монорельсы 8, установленные по верхним краям лотков и представляет уже сегментное кольцо турбины с лопатками 4. Отбор мощности вращения у такой планетарной турбины также требует особых технических решений и представляет ноу-хау. «Отработанная» вода после первой мини-ГЭС по водоводу 6 направляется или обратно в реку, или по лотку на следующую станцию в каскаде, если позволяет уклон местности.

Технический результат, получаемый от изобретения, состоит в том, что

ГЭС с отбором потока от реки, кольцевой лоток и сегментная турбина просты и не дороги в изготовлении, из литого бетона, в пластмассе (диаметром до 6 м, методом «мокрого торкрета»). Схема ГЭС технологична (по сравнению с аналогами) в эксплуатации и ремонте, т.к. турбины и генераторы находятся на открытых площадках и доступны со всех сторон. Мини-ГЭС могут быть выполнены непосредственно на месте (не традиционного заводского исполнения), в мастерских потребителя энергии.

#### Формула изобретения

Устройство для получения электрической энергии, содержащее водозабор от реки, быстроток или напорный трубопровод, спиральный или кольцевой лоток, направляющий поток на турбину и генератор, связанный с турбиной, отличающееся тем, что разгонный поток, вливающийся из входного патрубка, приобретает форму кольцевого лотка типа гидрокольца, а у входа потока в кольцевой лоток, на дне установлен порог, а дно кольцевого лотка находится ниже уровня входного патрубка на высоту порога, причем на внешнем борте кольцевого лотка, где установлены монорельсы, перед входным патрубком размещен сегментный поверхностный слив, снабженный горизонтальной регулирующей задвижкой по дуге внешнего борта, под сливом помещена емкость для сбора сливной воды, переходящая в отводной патрубок по касательной корпуса, а в центре корпуса лоткового кольца установлен пилон для крепления оси ротора гидротурбины или генератора электрического тока

### **1.1.2 Уравнительный резервуар напорного деривационного водовода ГЭС**

Использование: в гидротехнике для гашения гидравлического удара в деривациях ГЭС. Сущность изобретения: к месту сопряжения напорного деривационного водовода и турбинного водовода подсоединена наклонная камера уравнительного резервуара, свободный конец которой с помощью

воздуховода сообщен с атмосферой. Наклонная камера одновременно является соединительным элементом между воздуховодом и турбинным водоводом, а также рабочей зоной уравнильного резервуара при стационарных режимах работы гидроэлектростанции. При изменении давления в нижней части камеры уровень воды в ней изменяется, что обеспечивает гашение гидравлического удара в деривационном водоводе. 1 з. п. ф-лы. 1 ил. [5]

Изобретение относится к гидротехническому строительству и предназначено для использования в конструкциях уравнильных резервуаров деривационных трактов гидроэлектростанций.

Изменение нагрузки гидроэлектростанции вызывает колебания водных масс в напорной деривации. При сбросе нагрузки станции движение воды в напорном трубопроводе замедляется, то в напорной деривации это движение по инерции некоторое время будет продолжаться, и вода будет заполнять уравнильный резервуар. При резком увеличении нагрузки станции процессы происходят в обратном порядке. Любые изменения нагрузки станции вызывают определенные колебания уровня воды в уравнильном резервуаре, конструкция которого должна обеспечивать их эффективное затухание. В противном случае работа гидроэлектростанции может оказаться неустойчивой, привести к отключению ГЭС от энергосистемы и выбросу воды из уравнильного резервуара.

Таким образом, уравнильный резервуар предохраняет деривационный тракт гидроэлектростанции от гидравлических ударов, уменьшает максимальное давление в турбинных трубопроводах и улучшает регулирование турбин. Этим обусловлено то, что одним из основных параметров уравнильного резервуара является площадь его горизонтального сечения, обеспечивающая максимально эффективное затухание колебаний и снижение негативных последствий гидравлического удара. Площадь горизонтального сечения резервуара должна быть больше так называемого критического сечения, определяемого по условиям устойчивости работы ГЭС.

Для оценки технического уровня заявленного решения рассмотрим ряд объектов техники аналогичного назначения. [5]

Известен уравнительный резервуар для напорного туннеля гидроэлектростанции, который выполнен в виде подземной камеры, в которой на уровне свода отводящего туннеля установлена горизонтальная диафрагма, см. а.с. N275856, 84 а9/06.

Существенным недостатком такого решения является большой объем подземных работ.

Известен уравнительный резервуар турбинного водовода деривационной гидроэлектростанции, включающий вертикальную цилиндрическую емкость, снабженную гидравлическим сопротивлением, см. а.с. N1666635, Е 02 В 9/06.

Такое решение отличается сложностью конструктивного выполнения резервуара и не обеспечивает его эффективной работы.

Известен уравнительный резервуар напорного водовода, включающий открытую емкость, в котором в качестве нижнего регулирующего объема используются верхние зоны прилегающих участков водоводов, которые имеют подъем потолка в сторону узла сопряжения, см. а.с. N 1028767, Е 02 В 9/06.

Такое решение существенно усложняет конструкцию напорных водоводов, а также может в некоторых случаях приводить к образованию замкнутых воздушных полостей, которые будут вызывать нежелательные дополнительные динамические нагрузки.

Наиболее близким техническим решением к заявленному является уравнительный резервуар деривационного тракта гидроэлектростанции, включающий наклонную камеру (шахту), соединенную нижним концом с напорным водоводом, а верхним концом с атмосферой, см. "Гидроэлектрические станции" под редакцией Ф.Ф.Губина, М. Энергия, 1980 г.с. 314.



Общими признаками с заявленным решением у данного устройства являются соединенная с напорным водоводом камера и аэрационный канал, которым она сообщена с атмосферой, поэтому данное решение выбрано нами в качестве прототипа.

Недостатком прототипа являются значительные объемы и стоимости работ, связанных с выполнением камеры, как правило, подземной, которую по условиям компенсации гидравлических возмущений в деривационном тракте при изменениях нагрузки гидростанции приходится выполнять внушительных размеров и в ряде случаев снабжать ее дополнительными регулируемыми объемами, что усложняет и удорожает конструкцию.

Целью изобретения является упрощение конструкции и повышение эффективности работы уравнительного резервуара.

Согласно изобретению, в уравнительном резервуаре напорного водовода гидроэлектростанции, включающем наклонную камеру, нижней частью соединенную с напорным водоводом, а верхней частью с атмосферой, камера расположена под углом меньшим  $45^{\circ}$  и сообщена с атмосферой посредством воздуховода. [5]

В этом заключается совокупность существенных признаков заявленного технического решения, на которую испрашивается объем правовой охраны.

Кроме того, заявленное решение может быть охарактеризовано дополнительными факультативными признаками, сводящимися к тому, что наклонная камера выполнена в виде подземного туннеля и расположена к горизонту под углом  $5-15^{\circ}$ .

Первичный технический результат, достигаемый при использовании существенных признаков заявленного решения заключается в том, что малые возмущения водных масс в деривационном тракте эффективно гасятся в наклонной камере, которая является рабочей зоной резервуара, за счет увеличенной площади ее горизонтального сечения, а при относительно больших возмущениях в работу вступает воздуховод, представляющий собой значительное сопротивление как для вытесняемого из водовода воздуха, так и

для засасываемого в него воздуха. Совместная работа наклонной камеры и воздуховода создает улучшенные условия по восприятию всех возможных возмущений и обеспечивает их затухание.

Этот результат достижим только при реализации всех без исключения признаков заявленной нами совокупности, является свойством этой совокупности и обеспечивает появление у объекта изобретения в целом ряде новых полезных свойств, заключающихся в упрощении конструкции резервуара, отказе от верхней камеры, уменьшении объемов работ.

Указанное позволяет признать заявленное техническое решение соответствующим критерию "изобретательский уровень".

Сущность изобретения поясняется чертежом, где изображен разрез по деривационному тракту гидроэлектростанции в месте установки уравнительного резервуара.

К месту сопряжения напорного деривационного водовода 1 и турбинного водовода 2 подсоединена слабонаклонная камера 3 уравнительного резервуара, свободный конец которой с помощью воздуховода 4 сообщен с атмосферой.

Устройство работает следующим образом.

При работе гидроэлектростанции горизонтальное сечение наклонной камеры 3, увеличенное за счет его наклона на угол менее  $45^\circ$ , обеспечивает необходимую площадь поверхности воды для устойчивой работы станции. При сбросе нагрузки на агрегатах гидростанции уровень воды в наклонной камере 3 начинает подниматься и вытеснять воздух через воздуховод 4, который создает сопротивление выходу воздуха, что ведет к повышению давления воздуха в камере 3. В результате этого скорость и величина повышения уровня воды в камере 3 будет уменьшаться.

При обратной фазе колебаний воздуховод 4 препятствует засасыванию воздуха, в результате чего происходит понижение давления воздуха в камере 3 ниже атмосферного, что уменьшает скорость понижения воды и амплитуду колебаний, которые быстро затухают. При набросе нагрузки на гидростанции

необходимый объем воды обеспечивается объемом наклонной камеры 3 уравнительного резервуара. По условиям производства проходческих работ при сооружении такой камеры в виде подземного туннеля, оптимальный угол его наклона находится в интервале 5-15°, который также оптимален и с точки зрения устойчивости затухания колебаний масс воды в деривационном тракте в нормальных условиях работ ГЭС, т.е. при малых изменениях нагрузки на агрегат.

Использование заявленного технического решения обеспечивает следующие преимущества перед известными аналогами:

- упрощение конструкции резервуара, уменьшение объема строительных работ;
- повышение эффективности работы в условиях большого диапазона изменения отметок верхнего бьефа, а также в условиях пуска гидростанции при пониженных напорах.

#### Формула изобретения

1. Уравнительный резервуар напорного деривационного водовода ГЭС, включающий наклонную камеру, нижней частью соединенную с напорным водоводом, а верхней частью с атмосферой, отличающийся тем, что камера расположена под углом к горизонту, меньшим 45°, и сообщена с атмосферой посредством воздуховода.

2. Резервуар по п.1, отличающийся тем, что камера выполнена в виде подземного туннеля и расположена к горизонту под углом 5-15°.[5]

### 1.1.3 Способ эксплуатации малой ГЭС

Описание изобретения:

Предлагаемое изобретение относится к гидроэнергетике и может быть использовано при выработке электроэнергии на малых или микро гидроэлектрических станциях (ГЭС). При выработке электроэнергии на ГЭС необходимо поддерживать частоту вращения ротора гидроагрегата, состоящего из гидротурбины и соединенного с ней генератора электрического тока, в заданном диапазоне. Это требование обусловлено тем, что напряжение и частота электрического тока являются функциями частоты вращения ротора электрогенератора. [6]

Для решения этой задачи необходимо поддерживать равенство мощностей потребителя электрического тока и мощности, вырабатываемой электрогенератором. Известен способ эксплуатации ГЭС в заданном диапазоне изменения частоты вращения ротора гидроагрегата, заключающийся в изменении мощности на валу генератора в зависимости от мощности потребителя путем изменения мощности водяного потока, поступающего на гидротурбину, присоединенную к генератору. Этот способ включает использование специального регулирующего органа на входе в гидротурбину направляющего аппарата и гидромеханического или электрогидравлического регулятора. Этот способ целесообразен на ГЭС средней и крупной мощности, но очень дорог для малых и микроГЭС. Известен также способ эксплуатации малых и микроГЭС в заданном диапазоне изменения частоты вращения ротора гидроагрегата с использованием электрической балластной нагрузки, подключенной к генератору электрического тока, принятой за прототип.

При помощи такой балластной нагрузки изменяют тормозной момент на валу гидроагрегата. На рабочих режимах регулятор задает необходимое открытие направляющего аппарата, соответствующее оптимальному использованию водотока, а все изменения нагрузки потребителя (ниже

оптимальной нагрузки гидротурбины) поглощаются балластной нагрузкой (например, электрическими сопротивлениями для нагрева воды или отопления). Регулирование балластной нагрузки может производиться либо по методу реостата, либо путем импульсного включения постоянной нагрузки тиристорными выключателями. Таким образом поддерживается постоянное равенство мощности потребителя и мощности электрического тока, вырабатываемого генератором. Использование направляющего аппарата в ряде случаев может быть вообще исключено, что является преимуществом этого способа. [6]

Однако способ включает использование электронного регулятора и электрического балласта, что также делает его применение для малых и микроГЭС очень дорогим и кроме того, снижается надежность эксплуатации из-за сложной конструкции регулятора.

Предлагается способ эксплуатации малой ГЭС, включающей гидроагрегат, состоящий из гидротурбины и соединенного с ней генератора электрического тока, в заданном диапазоне изменения частоты вращения ротора гидроагрегата, заключающийся в том, что вначале увеличивают тормозной момент ротора гидроагрегата, затем запускают гидроагрегат с отключенной электрической нагрузкой и изменяют тормозной момент вплоть до достижения заданной максимально допустимой частоты вращения ротора гидроагрегата, после чего подключают к генератору электрическую нагрузку, изменяют ее и определяют максимально допустимую величину электрической нагрузки, соответствующую минимально допустимой частоте вращения ротора гидроагрегата и после этого эксплуатируют ГЭС в диапазоне изменения электрической нагрузки от нулевой до максимально допустимой.

Тормозной момент ротора гидроагрегата может быть увеличен путем присоединения к гидроагрегату гидравлического тормоза и изменен, например, путем изменения степени заполнения тормоза водой. Тормозной момент ротора гидроагрегата может быть увеличен путем присоединения к гидроагрегату механического тормоза и изменен, например, путем изменения

натяжения тормозной ленты. Тормозной момент ротора гидроагрегата может быть увеличен путем присоединения к гидроагрегату индукторного тормоза и изменен путем, например, изменения величины тока возбуждения индуктора.

Тормозной момент ротора гидроагрегата может быть увеличен путем присоединения к гидроагрегату насоса, например, вихревого, и изменен путем, например, изменения подачи насоса.

Техническим результатом изобретения является эффект саморегулирования гидроагрегатов, позволяющий отказаться в ряде случаев от использования сложных, дорогих и ненадежных регуляторов. Это в свою очередь позволяет резко повысить надежность, уменьшить эксплуатационные затраты и стоимость малых ГЭС. Указанный технический результат достигается тем, что вначале увеличивают тормозной момент ротора гидроагрегата путем присоединения к его валу какого-либо тормозного устройства, например, гидравлического тормоза, представляющего собой один или несколько дисков, прикрепленных к валу и размещенных в кожухе, степень заполнения которого водой может регулироваться. Затем подают воду на гидротурбину при отключенной электрической нагрузке генератора. Ротор гидроагрегата начинает вращаться. После этого последовательно изменяют тормозной момент путем изменения степени заполнения водой кожуха тормоза и экспериментально подбирают такой тормозной момент, при котором ротор гидроагрегата вращается с максимально допустимой частотой. После этого подключают электрическую нагрузку и изменяют ее. При увеличении электрической нагрузки ротор гидроагрегата уменьшает частоту вращения. Последовательно изменяя электрическую нагрузку, определяют ее максимально допустимую величину, при которой ротор гидроагрегата вращается с минимально допустимой частотой. Присоединенный к ротору гидроагрегата гидравлический тормоз изменяет свою мощность  $N_t$  по закону  $N_t \approx n^3$ , где  $n$  частота вращения. Это приводит к тому, что, например, при заданном допустимом диапазоне изменения частоты вращения ротора гидроагрегата от 1950 до 1150 об/мин ( $n \pm 30\%$  при синхронной частоте

вращения генератора  $n=1500$  об/мин) мощность тормоза изменяется приблизительно в 2,2 раза. Пусть, например, гидротурбина при отключенной электрической нагрузке развивает мощность 30 кВт, которая полностью гасится гидравлическим тормозом при частоте вращения ротора  $n=1950$  об/мин. При подключении к генератору полезной электрической нагрузки частота вращения ротора уменьшается и соответственно уменьшается поглощаемая тормозом мощность на величину подключаемой полезной электрической мощности. Происходит саморегулирование гидроагрегата. В рассматриваемом примере только за счет закона  $N_t \approx n^3$  малую ГЭС можно эксплуатировать в диапазоне изменения полезной электрической нагрузки от нулевой до приблизительно 14 кВт без какого-либо регулятора. При этом минимальная частота вращения ротора гидроагрегата будет не меньше, чем допустимое по условию значение  $n=1150$  об/мин. Эффект саморегулирования в ряде случаев может быть еще увеличен за счет особых характеристик некоторых гидротурбин и рационального выбора эксплуатационных режимов, при которых турбина увеличивает мощность по мере уменьшения частоты вращения ротора гидроагрегата. Это происходит за счет увеличения КПД гидротурбины и увеличения расхода протекающей через нее воды при уменьшении частоты вращения, т.е. по мере увеличения полезной электрической нагрузки. [6]

Аналогично можно использовать для увеличения тормозного момента вместо гидравлического механический или индукторный тормоз, либо присоединить к ротору гидроагрегата насос, например, вихревого или центробежного типа. При использовании центробежного насоса и, в частности, консольного центробежного насоса типа К290/30 величину тормозного момента удобно изменять не только путем изменения подачи воды, а путем уменьшения (проточки) диаметра рабочего колеса. Предлагаемый способ поясняется следующим примером. На чертеже приведена схема установки включающей гидроагрегат, состоящий из гидротурбины 1 с выходным 2 и входным 3 патрубками, электрогенератор

4 и гидравлический тормоз 5 с входным 6 и выходным 7 патрубками. Ротор гидроагрегата состоит из ротора гидротурбины 8, соединенного при помощи муфты 9 с ротором 10 электрогенератора 4. Ротор 10 электрогенератора 4 соединен также при помощи муфты 11 с ротором 12 гидравлического тормоза 5. Электрическая нагрузка подключается и отключается от электрического генератора (на схеме условно не показана) посредством кабеля 13. Установка работает следующим образом. Вначале увеличивают тормозной момент ротора гидроагрегата путем присоединения к нему при помощи муфты 11 гидравлического тормоза 5. Затем запускают гидроагрегат с отключенной электрической нагрузкой и изменяют тормозной момент путем заполнения гидравлического тормоза 5 водой. Уровень воды в тормозе устанавливают посредством входного 6 и выходного 7 водяных патрубков. По мере заполнения водой гидравлического тормоза 5 тормозной момент ротора гидроагрегата увеличивается, а по мере опорожнения уменьшается. При этом частота вращения соответственно уменьшается и увеличивается. Изменяя таким образом тормозной момент, подбирают такую его величину, которая соответствует максимально допустимой частоте вращения ротора гидроагрегата. После этого посредством кабеля 13 подключают к генератору электрического тока 4 электрическую нагрузку и изменяют ее путем, например, уменьшения или увеличения количества потребителей. При увеличении электрической нагрузки частота вращения ротора гидроагрегата будет уменьшаться, а при уменьшении электрической нагрузки увеличиваться. Изменяя таким образом электрическую нагрузку, подбирают ее максимально допустимую величину, при которой ротор гидроагрегата вращается с минимально допустимой частотой вращения. После этого эксплуатируют ГЭС в диапазоне изменения электрической нагрузки от нулевой до максимальной. Во всех рассмотренных случаях будет обеспечиваться эффект саморегулирования гидроагрегатов. Различие будет заключаться лишь в различных законах изменения мощности различных



тормозных устройств или насосов от частоты вращения, что будет обуславливать различную эффективность саморегулирования. [6]

Формула изобретения:

1. Способ эксплуатации малой ГЭС, содержащей гидроагрегат, в заданном диапазоне изменения частоты вращения ротора гидроагрегата, включающий изменение момента на его валу, отличающийся тем, что вначале увеличивают тормозной момент ротора гидроагрегата, затем запускают гидроагрегат с отключенной электрической нагрузкой и изменяют тормозной момент вплоть до достижения заданной максимально допустимой частоты вращения ротора гидроагрегата, после чего подключают к генератору электрическую нагрузку, изменяют ее и определяют максимально допустимую величину электрической нагрузки, соответствующую минимально допустимой частоте вращения ротора гидроагрегата, и после этого эксплуатируют ГЭС в диапазоне изменения электрической нагрузки от нулевой до максимально допустимой.

2. Способ по п. 1, отличающийся тем, что тормозной момент ротора гидроагрегата увеличивают путем присоединения к гидроагрегату гидравлического тормоза и изменяют его, например, путем изменения степени заполнения тормоза водой.

3. Способ по п. 1, отличающийся тем, что тормозной момент ротора гидроагрегата увеличивают путем присоединения к гидроагрегату механического тормоза и изменяют его, например, путем изменения натяжения тормозной ленты.

4. Способ по п. 1, отличающийся тем, что тормозной момент ротора гидроагрегата увеличивают путем присоединения к гидроагрегату индукторного тормоза и изменяют его путем, например, изменения величины тока возбуждения индуктора.

5. Способ по п. 1, отличающийся тем, что тормозной момент ротора гидроагрегата увеличивают путем присоединения к гидроагрегату насоса и

изменяют его путем, например, изменения протекающего через насос в единицу времени объема воды. [6]

## 1.2. Преимущества генераторов с колеблющимися крыльями.

В ходе выполнения выпускной квалификационной работы необходимо провести анализ средств и методов диагностики колеблющегося крыла. В отборе энергии от потока жидкости участвует равномерно полностью вся поверхность крыла. В отличие от этого, поверхность винта участвует неравномерно. Поэтому коэффициент использования энергии течений с помощью колеблющегося крыла выше, чем у обычных винтов (см. рис. 8).

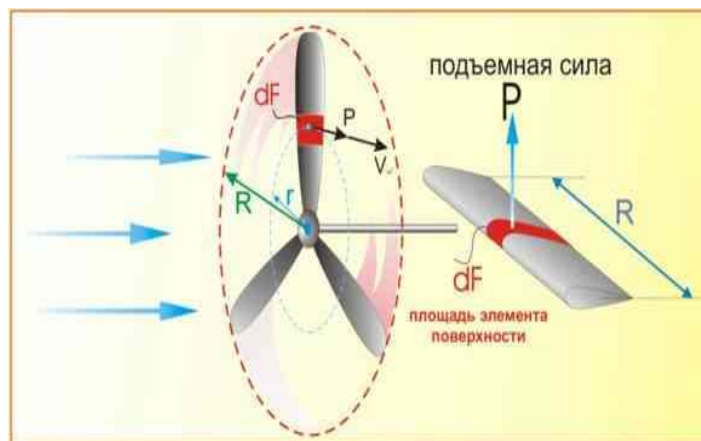


Рисунок 1.8 Сравнение рабочих поверхностей

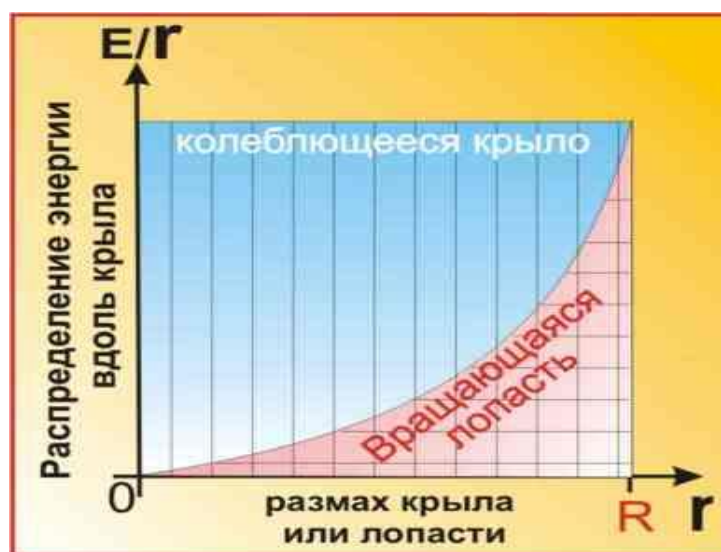


Рисунок. 1.9 Распределение экстракции энергии от течений вдоль лопасти вращающегося винта и вдоль поверхности колеблющегося крыла

Представленный метод обладает и рядом достоинством:

- На конце крыла отсутствует высокая скорость течения.
- Данная установка бес плотинная, и, следовательно, ее немного удешевляет.
- Проще конструкция ориентации по потоку воды.
- Простое согласование колебания крыла с насосами и устройствами колебательного типа.
- Меньше размеры по высоте; легко согласуется с горизонтальным рельефом земли или дна реки.
- Отсутствие шума на лопастных частотах.
- Высокая надежность.
- Простота и дешевизна конструкции. При использовании гидравлики или пневматики не требуется редуктор.
- Возможность изготовления в виде модулей, и компактная их установка.

Недостатки в связи с использованием стационарной аэро-гидродинамики:

- Низкая эффективность экстракции кинетической энергии течений и ветра (10-40%).
- Ветро-гидрогенераторы начинают работать только с относительно высоких скоростей течений и ветра.
- Концы лопастей винта движутся с очень большой скоростью, что приводит в воде к срыву обтекания и образованию кавитации, а в воздухе - к срыву обтекания и к сверхзвуковой скорости на концах лопастей

### **1.3. Создаваемые аналоги электростанций, экстрагирующих энергию подводных течений с помощью колеблющегося крыла**

#### **1.3.1. Компании, которые занимаются разработкой малой ГЭС за границей.**

Впервые в мире, Английская фирма “ The Engineering Business Ltd” создала гидрогенератор (проект Stingray), экстрагирующий энергию подводного течения с помощью колеблющегося крыла.

В 2002 году спущена под воду и уже год успешно работает гидроэлектростанция с колеблющимся крылом на 150 киловатт. [8]



Рисунок. 1.10 Гидроэлектростанция с колеблющимся крылом

Так же существует компания “BioPower Systems Pty Ltd” которая работает в области возобновляемых источников энергии. В настоящее время они разрабатывают технологии конверсии энергии океана, предназначенные для промышленных установок. Рисунок 1.11/ [9]

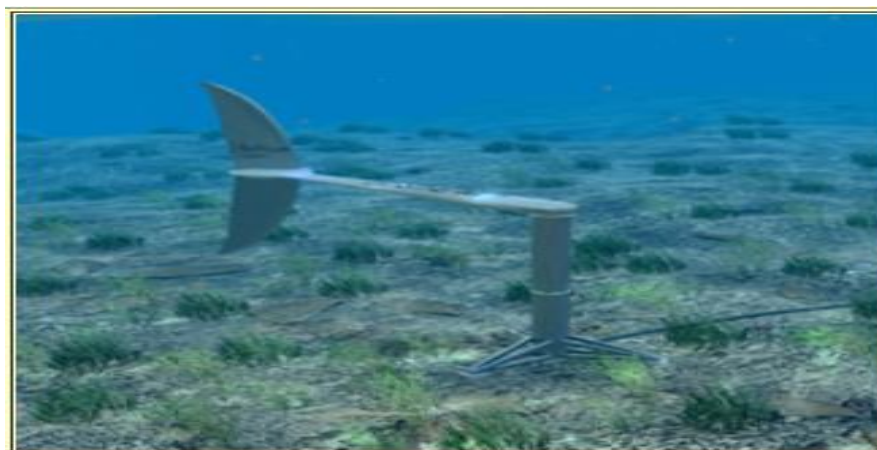


Рисунок. 1.11 Установка компании “BioPower Systems Pty Ltd”

Преимущества использования нелинейных колебательных аэрогидродинамических режимов:

1. Коэффициент подъёмной силы увеличится. При значительно больших углах атаки происходит срыв обтекания крыла. Следовательно, увеличивается отбор энергии потока, и работа самого генератора начнётся при малых скоростях потока.

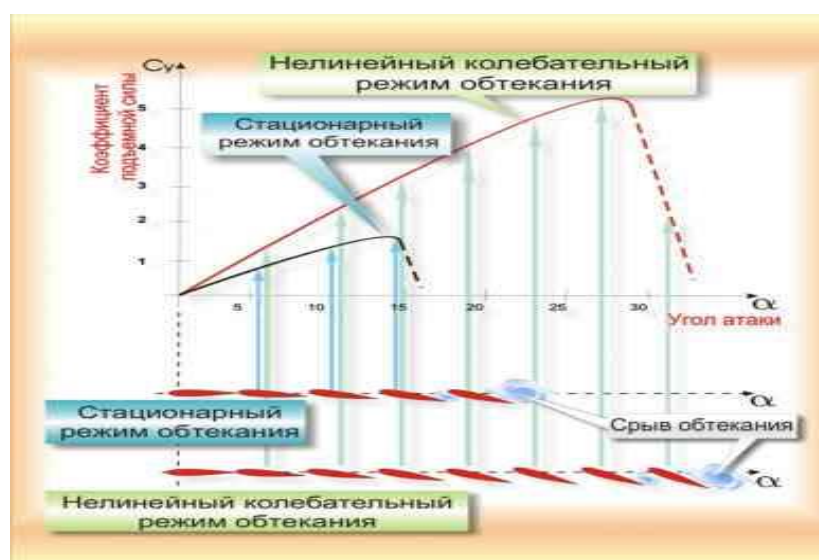


Рисунок 1.12 Обтекание крыла

2. Применение более эффективных законов колебания крыла. Отбор энергии одновременно с помощью подъемных сил и сил трения, действующих на крыло. Это приведет к увеличению отбора кинетической энергии потока.



Рисунок 1.13 Структура разделения энергии

3. Снижение гидродинамического и аэродинамического сопротивления с помощью применения элементов волнового обтекания и колебаний. [9]

4. Использование присоединенной упругости (упругость, вызванная вихревой структурой жидкости около колеблющегося крыла). Это приведет к увеличению объема текущей среды, участвующей в аэрогидродинамическом взаимодействии с колеблющимся крылом и, как следствие этого, в увеличении эффективной гидравлической площади и коэффициента отбора энергии потока.

Конструирование устройства как единой колебательной системы даст следующие преимущества:

- Приведет к повышению отбора энергии из потока и удешевлению конструкции.
- Использование присоединенной упругости вместо (или дополнительно) упругих элементов конструкции крыла. Это приведет к упрощению и удешевлению конструкции.
- Применение специальных передаточно-согласующих элементов для согласования динамических и кинематических характеристик потока с

нагрузкой (с потребителем энергии). Это приведет к согласованию передачи энергии от источника энергии к электрогенератору (в противном случае энергия вернется назад в поток). Также с помощью этих элементов создается сложная пространственная траектория крыльев, которая производит отбор энергии не только с помощью подъемной силы, но и с помощью сил трения.

- Применение адаптивной микропроцессорной системы управления приведет к получению максимальной мощности на выходе установки.

### **1.3.2. Гидропотенциал России, его использование.**

В начале 60-х годов XX века СССР обладал 11.4% мировых гидроэнергетических ресурсов. В среднем в год в бывшего СССР мощность гидроресурсов оценивалось в 434 млн. кВт, то есть (3.800 млрд. кВт отдачи энергии в год). Некоторые расчеты показали, что возможно технически и экономически будет умно получать около 1.700 млрд. кВт электроэнергии в 5 раз превышало выработку всех электростанций страны в тот период. [10]

Основная часть этого гидропотенциала (74%) располагалась на территории Российской Федерации. Средняя годовая потенциальная мощность гидроресурсов России оценивалась в 320 млн. кВт (производство — 2.800 млрд. кВт в год), из которых выработка более 1.340 млрд. кВт в то время была технически возможна.

Исходя из проведенного обзорного исследования, можно сделать следующий вывод: существующие методы сложны в применении, трудоемки, затраты с финансовой и ресурсной сторон, на основе этой информации будет разработано предлагаемое ниже устройства. [10]



## 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

### 2.1. Изгибно-крутильный флаттер

Крыло помещается в постоянный поток воды. Движение потока, возбуждающее действует на крыло, изначально имеющего определенный угол атаки. Под действием возбуждающих сил крыло приводится в движение, данное явление имеет место быть в аэродинамике и именуется флаттером. Для флаттера крыла в аэродинамике присуще два условия: постоянный поток возбуждающих сил, одноразовое внешнее возмущение (например, порыв ветра). Флаттер сопровождается резким усилением колебаний конструкции до полнейшего его разрушения, в случае, когда гашение колебаний не производится. В нашем же случае внешнее возмущение действует многократно, полученная энергия колебаний экстрагируется, при этом происходит гашение колебаний. Главная задача в расчете условий колебаний является подбор оптимальных условий, при которых гашение колебаний (во время экстрагирования энергии) не останавливает движение крыла, но при этом гашение должно препятствовать критическому возрастанию колебаний, при котором происходит разрушение элементов конструкции.

Отличия воздушной и водной среды играют положительную роль. Во-первых, большая плотность воды, сравнительно с плотностью воздуха, требует меньших скоростей потока, во-вторых, демпфирование узлов конструкции водой делает саму конструкцию более устойчивой к резким динамическим воздействиям. [11]

Рассмотрим более подробно явление изгибно-крутильного флаттера. Пусть крыло, находящееся в потоке, получило начальное отклонение (прогиб) вниз и затем было предоставлено самому себе (положение 0 на рис. 2, а). Элерон при этом жестко закреплен. Для удобства считаем центр жесткости неподвижным, а поток – набегающим со скоростью  $V$ . На рис. 2, а показаны центр жесткости и центр тяжести сечения, которые в обычных конструкциях

крыльев расположены примерно на 38-40% и 42-45 % хорды соответственно. Пунктиром показано начальное положение хорды крыла. Под действием сил упругости сечения крыла будет перемещаться из нижнего положения в начальное положение. Скорость и вертикального перемещения крыла будет при этом нарастать от нуля до максимума в начальном положении. [11]

Далее, благодаря накопленной кинетической энергии сечение будет передвигаться вверх со все уменьшающейся скоростью вплоть до остановки, после чего силы упругости заставят сечение переместиться вниз и т.д.

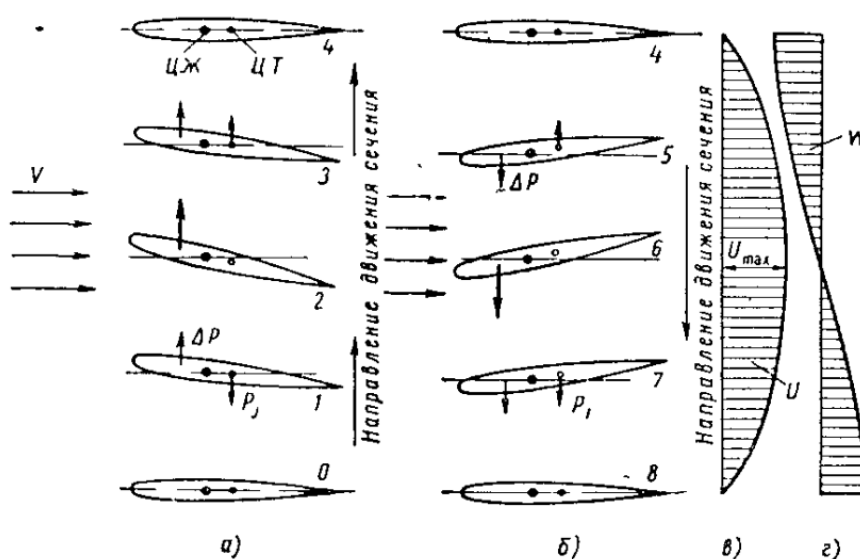


Рисунок 2.1 Динамическо-кинематическая схема изгибно-крутильного флаттера

Эпюра вертикальных скоростей  $u$  движения сечения крыла приведена на рисунке 2.1. в. Эпюра вертикальных ускорений  $W$  сечения крыла приведена на рис. 2.1. г. В среднем положении 2 скорость максимальна, а ускорение равно нулю. При ускоренном движении будут иметь место инерционные силы движущихся масс крыла, направленные против ускорения и приложенные в центре тяжести сечения. [12]

При движении сечения от положения 0 до положения 2 (рис. 2.1. а) инерционная сила будет направлена вниз (ускорение направлено вверх) и

вызовет закручивание крыла относительно центра жесткости, увеличивающее угол атаки сечения. Центр тяжести как бы отстает в своем движении от центра жесткости. При движении от положения 2 до 4 ускорение и инерционная сила меняют знак, сечение «раскручивается», угол атаки уменьшается и в положение 4 приходит к начальному. Центр тяжести как бы стремится догнать центр жесткости.

Таким образом изгибные колебания сопровождаются крутильными.

Связь между положением крыла и величиной угла закручивания довольно сложна, так как величина упругих и инерционных сил меняется. Но очевидно, что во всех промежуточных положениях 1, 2, 3 сечения имеем увеличение угла атаки, сравнительно с исходным, и, следовательно, наличие аэродинамической/гидродинамической силы  $\Delta P$ , направленной вверх – в сторону движения крыла. Сила  $\Delta P$  является возмущающей, величина ее не постоянна. [12]

Теперь рассмотрим обратное движение сечения крыла (положения 4-8, рис. 2, б). Рассуждая аналогично предыдущему, заметим, что при движении крыла вниз от положения 4 до положения 8 углы атаки меньше исходного, что равносильно добавлению подъемной силы  $\Delta P$ , направленной вниз, т.е. возмущающей силы.

В итоге рассмотрения колебания крыла приходим к заключению, что на всем протяжении колебаний на сечение крыла действуют возмущающие силы. Последовательные стадии движения сечения крыла в полете при изгибно-крутильном флаттере показаны на рис. 2.2. Там же показано и направление возмущающих сил  $\Delta P$ .

При описанных выше явлениях, кроме воздушной/гидравлической силы  $\Delta P$ , имеют место также демпфирующие силы, к которым относятся силы трения в соединениях и внутренние силы трения  $\Delta P_1$  в материале, а также аэродинамические/гидродинамические силы  $\Delta P_2$  при изгибных колебаниях.

При движении сечения крыла, например, вниз, к поступательной скорости  $V$  добавляется вертикальная скорость  $u$  (рис. 4, а), что вызывает

увеличение угла атаки на  $\Delta\alpha$  и дополнительную подъемную силу  $\Delta P_2$  направленную против взмаха, т.е. препятствующую колебаниям.

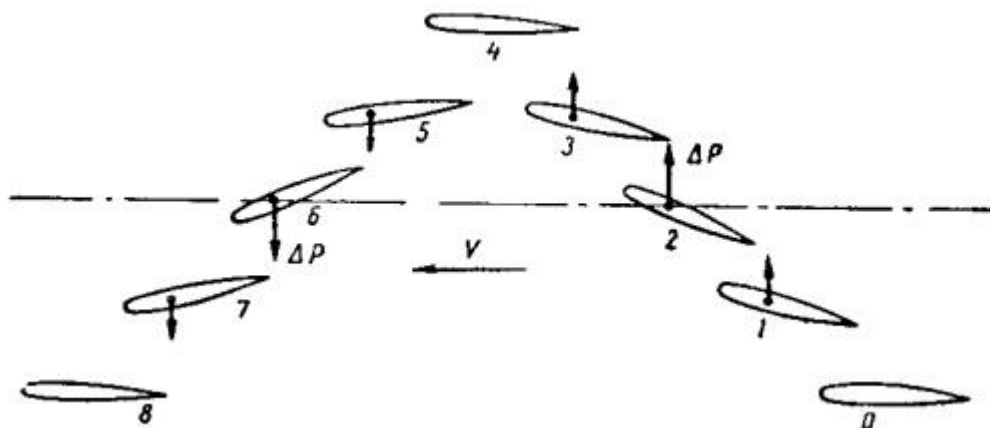


Рисунок 2.2 Флаттер при дополняющей кинематике

Если работа возмущающих сил больше работы демпфирующих сил, то энергия системы возрастает, что вызывает «раскачивание» системы, т.е. изгибно-крутильный флаттер. [13]

Рассмотрим, от чего зависят эти силы.

Гидродинамическая возмущающая сила  $\Delta P$  при данной жесткости крыла зависит от скорости потока жидкости (по Шульженко):

$$\Delta P = \Delta C_y Q \frac{SV^2}{2} = kV^2 \quad (2.1.)$$

Где  $k$ -коэффициент пропорциональности. Сила трения  $\Delta P_1$  в материале не зависит от скорости потока.

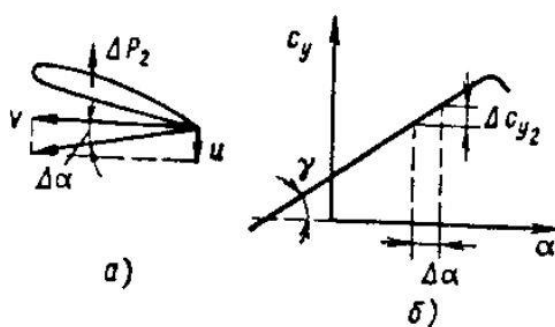


Рисунок. 2.3 Изменения углов и силовых нагрузок

Демпфирующая сила  $\Delta P_2$  пропорциональна первой степени скорости, т.е.  $\Delta P_2 = k_1 V^2$ ,

где  $k_1$  - коэффициент, не зависящий от скорости.

Покажем это:

$$\Delta P_2 = \Delta C_{y2} S \frac{\rho V^2}{2} \quad (2.2)$$

где через  $\Delta C_{y2}$  обозначено приращение  $C_y$  за счет вертикальной скорости  $u$ . Зависимость между  $\Delta C_{y2}$  и приращением угла атаки  $\Delta \alpha$  может быть выражена (см. рис. 2.3, б):

$$\tan \gamma = \frac{\Delta c_{y2}}{\Delta \alpha} \quad (2.3)$$

откуда

$$\Delta C_{y2} = \Delta \alpha * \tan \gamma \quad (2.4)$$

Но так как  $\Delta \alpha \approx \frac{u}{V}$  то (см. рисунок 2.3 а), то:

$$\Delta P_2 = \frac{u}{V} \tan \gamma S \frac{\rho V^2}{2} = k_1 V \quad (2.5)$$

Таким образом, влияние возмущающей силы более значительно на больших скоростях потока, чем влияние демпфирующих сил.

В такой же зависимости от скорости полета находится и работа этих сил. Это зависимость приведена на рисунке 2.4, где нанесены суммарная работа демпфирующих сил  $\Delta P_1$  и  $\Delta P_2$  и работа возмущающей силы  $\Delta P$ .

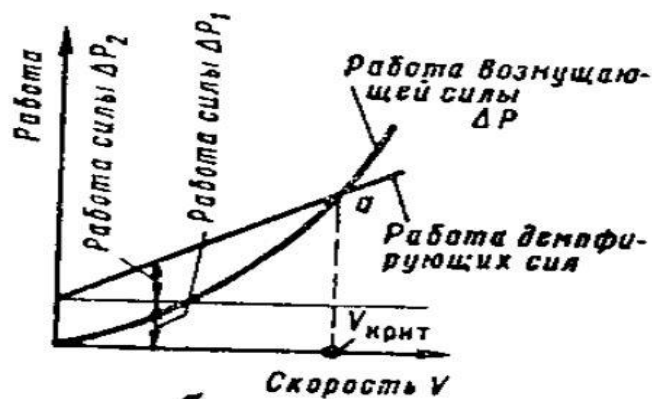


Рисунок. 2.4 График зависимости работы от скорости потока

Точка *a* — пересечение кривых работ возмущающих и демпфирующих сил — дает скорость, при которой наступает изгибно-крутильный флаттер — критическая точка изгибно-крутильного флаттера. Начиная с этой скорости колебания, возникшие под действием случайной силы, будут возрастать, не нуждаясь во внешних толчках. [13]

## 2.2. Изгибно-элеронный флаттер

Рассмотрим изгибные колебания крыла с очень большой жесткостью на кручение, т.е. практически не закручивающегося. Предположим при этом, что, при наличии люфтов в проводке, элерон может отклоняться и что центр тяжести сечения элерона находится за осью вращения.

Рассуждая аналогично предыдущему, отметим, что при движении сечения крыла снизу вверх до исходного положения 2 (рис. 7, а) сила инерции элерона  $P_{i\text{эл}}$ , приложенная в его центре тяжести, вызовет отклонение элерона вниз, элерон будет как бы отставать от крыла. Появится дополнительная подъемная сила  $\Delta P_{\text{эл}}$ , направленная вверх. В положениях 2-4 направление инерционной силы изменится, элерон будет возвращаться к исходному положению, сила  $\Delta P_{\text{эл}}$  будет уменьшаться. Таким образом, во всех положениях движение крыла вверх имеет место дополнительная подъемная сила, направленная вверх и являющаяся возмущающей. Такая же картина наблюдается при движении сечения крыла вниз (рис. 2.5, б) [14]

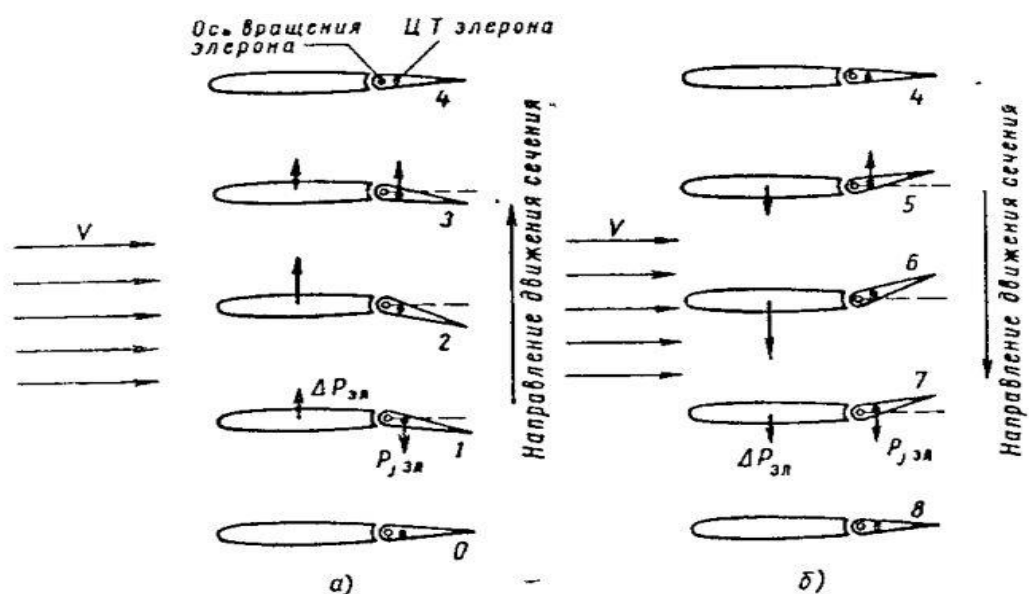


Рисунок. 2.5 Изгибно-элероны флаттер

Последовательные положения сечения крыла в полете при изгибно-элеронном флаттере показаны на рисунке.2.5.

Кроме рассмотренной возмущающей силы  $\Delta P_{эл}$  имеют место, как и ранее, демпфирующие силы: трения  $\Delta P_1$  и сила при изгибных колебаний крыла  $\Delta P_2$  при работе возмущающей силы, превращающей работу демпфирующих сил, наблюдается изгибно-элероны флаттер. Скорость, при которой наступает это явление, называется критической скоростью изгибно-элеронного флаттера. [14]

## 2.3. Расчет возникновения флаттера

### 2.3.1. Расчет силы сопротивления крыла потоку жидкости

Одной из сложностей расчетов и подборов параметров является непостоянство входных данных потока для различных случаев. При этом могут изменяться температура и другие параметры воды и течения. Руководствуясь техническим заданием, мы берем усредненные входные данные для средней полосы России, движение потока будем считать ламинарным с периодическими ускоряющимися срывными потоками вихревой природы. Установка будет предназначена для перекатов рек глубиной переката 0,90-1,2 м, шириной плоскодонного отрезка переката 2,5 и более м, шириной реки от 5 м, глубиной реки вне переката примерно 2 метра и более. Для таких перекатов скорость течения для равнины местности (Западная Сибирь) равна 1-1,5 м/с, а для реки Томь – 1,7 м/с. [15]

Для расчета гидродинамической подъемной силы и сопротивления потоку жидкости обратимся к многолетнему опыту расчетов данных параметров для быстроходных глиссирующих судов.

Представим неподвижную пластину АВ (рисунок 10), помещенную в однородном прямолинейном потоке, скорость  $U$  которого нормальна к пластине.

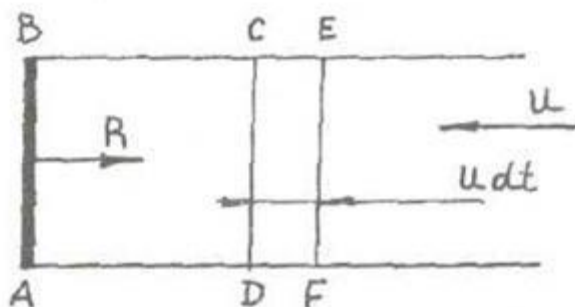


Рисунок.2.6 Сопротивление пластины набегающему потоку

Согласно теории Ньютона, каждая частица жидкости объема  $Q$ , ограниченного пластиной АВ и образующими вдоль контура пластины



параллельными скорости  $U$ , сохраняет величину и направление скорости до момента встречи с пластиной. При ударе о пластину частица теряет свою скорость, следовательно, количество движения  $Dm \cdot U$  ( $Dm$  – масса частицы жидкости).

В результате потерянного количества движения соответствующая точка пластины получит равный ему импульс. Сумма этих импульсов по всей площади пластины и составит полную величину импульса сил давления потока на пластину.

Обозначим через  $S$  площадь пластины,  $R$  – давление потока на нее. Пусть через время  $dt$  частицы жидкости объема  $CDEF$  достигнут поверхности пластины  $AB$ . Тогда сумма потерянного количества движения составит  $U \cdot SDm$ , где  $SDm$  – масса объема  $CDEF$ , т.е.

$$\Sigma \Delta m = \rho S U dt; \quad (2.6)$$

Из теоремы механики о количестве движения получим:

$$R dt = U \rho S U dt; \quad (2.6)$$

Откуда

$$R = \rho S U^2; \quad (2.7)$$

Как показали позднейшие исследования, предположение Ньютона о потере скорости частицами жидкости при достижении пластины не отвечало действительности, хотя качественную зависимость сопротивления от плотности жидкости, площади поперечного сечения и квадрата скорости подтверждают многочисленные классические опыты [16]

В последующем теоретические и экспериментальные исследования показали, что по мере приближения частиц жидкости к телу они не теряют

скорости, а обтекают преграду, создавая вихреобразование перед носовым и за кормовой частями тела.

Многочисленные экспериментальные исследования сопротивления пластин установили следующий общий вид формулы для сопротивления пластины:

$$R = c \frac{\rho v^2}{2} S \quad (2.8)$$

Коэффициент сопротивления при расположении пластины нормально к потоку без ограничения потока по ширине и глубине принимается на основании опытов равным  $C = (1,1 - 1,15)$  одинаково для квадратной и круглой пластины и практически не зависит от числа Рейнольдса. В случае, если последовательно в потоке находятся несколько пластин, коэффициент сопротивления может меняться.

В нашем же случае угол атаки потока не является строго ортогональным. Соответственно на значение сопротивления будет влиять и угол атаки:

$$R = c \frac{\rho v^2}{2} S \sin \alpha \quad (2.9)$$

### **2.3.2 Заключение по расчетам условия колебания крыла**

По проведенным исследованиям можно выделить несколько конструктивных и функциональных особенностей:

- а) Колебания крыла будут происходить за счет динамики потока воды.
- б) Для возникновения флаттерных условий конструкция должна иметь нулевую стреловидность, центр жесткости должен быть смещен относительно центра тяжести.
- в) За счет флаттерных явлений колебания будут гармонично развиваться и сопротивляться демпфированию в водной среде.

г) Возбуждающая сила будет рассчитываться по формуле.

д) Для того, чтобы привести крыло в движение, необходимо устанавливать установку в речной поток с начальным углом атаки.

е) За счет постоянного потока воды с наличием вихревых сил крыло будет получать постоянно энергию, при отсутствии демпферов кинематическая энергия крыла будет постоянно увеличиваться.

ж) Излишки энергии будут сниматься за счет связывания основания крыла с поршневыми насосами, которые создадут направленный поток через связующие к мини-гидротурбине для преобразования в электроэнергию.

## **2.4. Техническое задание на разработку мини гидроэлектростанции, экстрагирующих энергию течения воды.**

### **2.4.1. Наименование предмета работы**

Предметом работы является проектирование установки, позволяющей экстрагировать энергию течения воды в электроэнергию для накопления и дальнейшего использования полученной энергии.

### **2.4.2. Назначение, область применения**

Существуют условия отсутствия возможности передачи электроэнергии: отдаленность от линий электропередач, недопустимость использования кабелей с напряжением по причине искро-взрывоопасности. Для решения этих проблем можно использовать энергию течения воды, в отдаленных районах это могут быть небольшие реки, ручейки; в искро-взрывоопасной среде поток искусственно подается через шланги и трубы до места назначения, затем энергия течения воды преобразуется в электроэнергию.

### **2.4.3 Требования к установке**

Диапазон рабочих температур должен соответствовать диапазону температур средней полосы России.

Применяемые материалы должны быть устойчивы коррозии.

Прочность элементов, контактирующих с потоком речной воды должна выдерживать соударения с телами, находящимся в речном потоке.

Для удобства и дешевизны производства элементов конструкции рекомендуется использовать наиболее доступные и легкообрабатываемые материалы в современном машиностроении.

### 3. РАСЧЕТЫ И АНАЛИТИКА

#### 3.1 Характеристика и расчет конструкции

Предложенный вариант модели устройства имеет следующие характеристики:

- Материал так называемого крыла углепластик (Carbon). В качестве основы данного крыла можно использовать материал любого происхождения.
- Расстояние между центром жесткости (ось вращения) и концом крыла равно 0,5 м.
- Центр тяжести смещен от центра жесткости (ось вращения) на 0,4 м.
- Рычаг передачи нагрузки на поршень от крыла  $0,6:0,21 = 2,85$
- Сила подъема при начальном угле  $30^\circ$  будет:

$$R = c \frac{\rho v^2}{2} S \cos \alpha - R_{\text{и}} = 1,1 \frac{1000 * 1,5^2}{2} 1,428 \cos 45 - 285 = 319 \text{ Н}$$

- Усилие на поршень:

$$F = R * l = 319 * 2,85 = 909,1 \text{ Н/кг}$$

Масса крыла состоит из таких масс:

- масса самого крыла составляет 25 кг;
- масса штока равна 1 кг;
- масса одной боковой стойки равна 14.98 кг;

Следовательно, общая масса всего устройства составляет 69 кг. Масса сердечника ТМ-20/10 составляет 0,72 кг.

### 3.2. Принципиальная схема.

Приближённая форма крыла рисунок 3.1 самолёта 1, жёстко закреплёно на неподвижных опорах 3 играет роль в виде поплавка, крыло качаясь на морских волнах относительно своей подвижной оси, к которой закреплена торсионные валы 2, гидроцилиндр 5 который жёстко закреплён на дне, создает в его напорной камере, избыточное давление в результате возвратно-поступательного движения штока 4, скрепленного с нижней части крыла. Для регулировки Ц.М. (центр масс) и Ц.Д (центра давления) крыла существует регулировочный винт 7 для того чтоб без каких-либо трудностей регулировать данное устройство.

Энергия сжатой жидкости аккумулируется в гидроцилиндре практически при любом (отличном от нуля) уровне волнения моря, или волны реки при этом потери на трение в устройстве минимизируются за счет качения крыла относительно гидроцилиндра. Эта энергия, запасенная гидроцилиндром, пропорциональна квадрату хода поршня, соразмерного с высотой волны, площади поперечного сечения поплавка, а также частоте колебаний поплавка на волнах. [17]

Далее рассмотрим, как использовать энергию речных волн, можно сделать такие генераторы поступательного действия, где рабочим телам будет служить формы крыла самолёта показана схема данного устройства (см. рис. 3.1) [17]

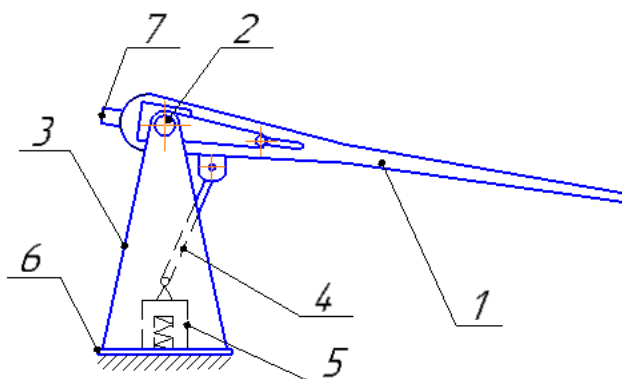


Рисунок.3.1 Принципиальная схема устройства.

*1 – крыло (поплавок); 2 – торсионный вал; 3 – неподвижная опора; 4 – шток; 5 – корпус катушки (катушка); 6 – основа; 7 – регулировка крыла;*

На основании принципиальной схемы создана 3D модель и сборочный чертеж, представленные на рисунках 3.2.

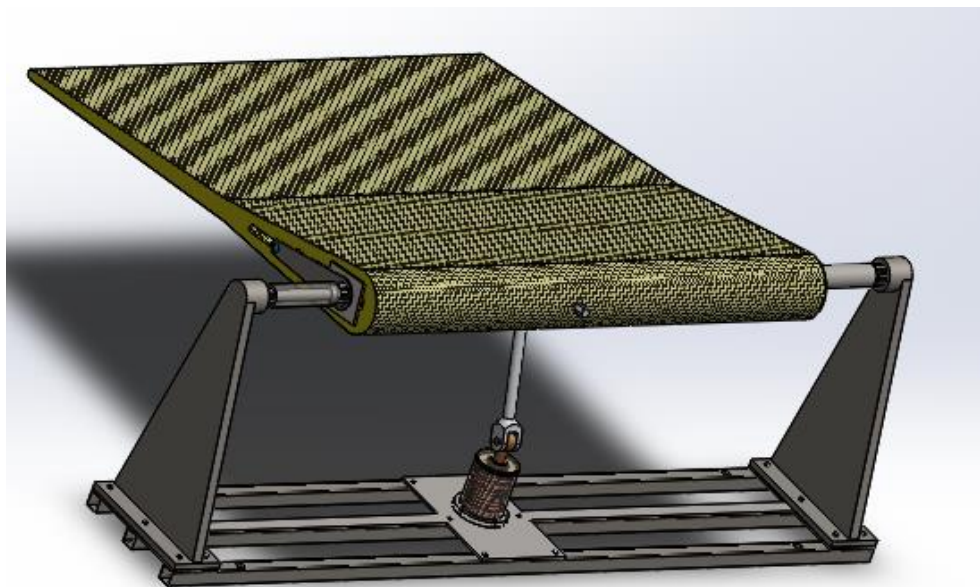


Рисунок 3.2 3D модель устройства

Флаттер представляет реальную опасность для многих конструкций находящихся в потоке жидкости или газа, причиной флаттера обычно является несовпадение центра жёсткости с центром давления и недостаточная жёсткость конструкции крыла. [3]. Результат показал, что применения этого явления к данному устройству, позволит уменьшить потери на трения в устройстве.

Система является с двумя степенями свободы. Исследование устойчивости состояний равновесия механических систем с несколькими степенями свободы так же состоит в изучении свойств возмущенного движения, т. е. того движения, которое будет происходить после произвольного сколь угодно малого нарушения состояния равновесия. Названные свойства определяются видом корней соответствующего характеристического уравнения. Если среди корней  $\lambda = \alpha + i\beta$  имеется хотя

бы один с положительной вещественной частью,  $\alpha > 0$ , то отвечающее ему движение будет «уводить» систему от состояния равновесия — либо монотонно (если  $\beta \neq 0$ ), либо в виде нарастающих колебаний (если  $\beta = 0$ ). [18]

Появляется еще одна опасность возникновения неустойчивости, связанная с неконсервативными свойствами рассматриваемой системы с двумя степенями свободы. [18]

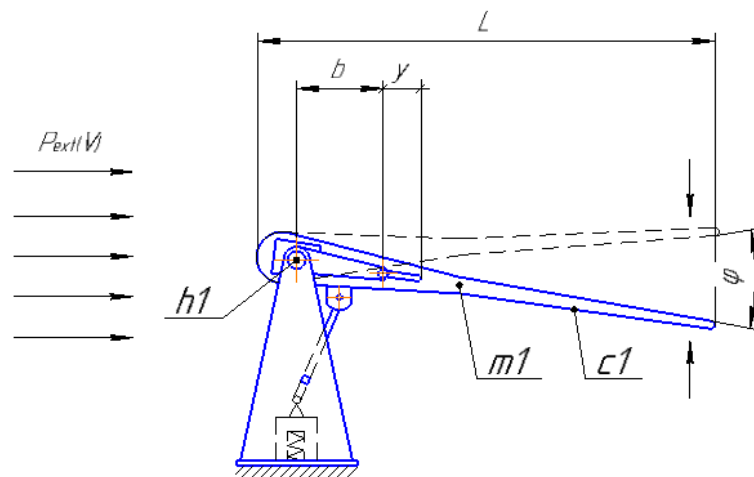


Рисунок.3.2 Задача о флаттере

$P_{ext}$ - сила потока жидкости;

$m1$ -масса крыла;

$c1$ -жёсткость закрепление шарнира крыла;

$h1$ -трение в шарнире торсионной пружины;

Крыло находится в потоке жидкости скорость  $V$  ( $F_{ext}$ ) которого направлена вдоль средней плоскости крыла в не возмущённом состоянии. Обозначим:  $y(t)$  — перемещение центра тяжести крыла самолёта,  $\phi(t)$ -угол поворота крыла,  $c$  коэффициент жесткости торсионной пружины,  $ml^2/12$  — момент инерции крыла относительно оси, проходящее (через центр тяжести крыла перпендикулярно плоскости чертежа,  $L$  — длина крыла вдоль потока,  $b$  — расстояние от точки приложения подъемной силы. [18]

При отклонении крыла возникают аэродинамические давления, зависящие от угла отклонения  $\phi$ . Соответствующие количественные закономерности устанавливаются в аэродинамике: приведём закономерности



в готовом виде. Равнодействующую давлений можно разложить на составляющие (любое сопротивление и подъёмную силу)

$$X = \kappa_x \frac{\rho v^2}{2} l \varphi, \quad Y = \kappa_y \frac{\rho v^2}{2} l \varphi \quad (3.1)$$

здесь  $\kappa_x, \kappa_y$  – постоянные аэродинамические коэффициенты,  $\rho$  – плотность воды,  $l$  – размер крыла вдоль потока. Точка приложения равнодействующей аэродинамических давлений находится на расстоянии  $b$  от оси шарнира, которое приближённо будем считать не зависящим от угла  $\varphi$ . Момент сил, возникающих при отклонении крыла относительно оси шарнира, равен.

$$M = -c_0 l^2 \varphi + Xb\varphi + Yb, \quad (3.2)$$

где  $c_0$  – коэффициент жесткости упругой опоры. Подставляя в формулу (4.3) получаем:

$$M = -c_0 l^2 \varphi + \kappa_x \frac{\rho v^2}{2} b l \varphi^2 + \kappa_y \frac{\rho v^2}{2} b l \varphi. \quad (3.3)$$

Через момент  $I$  обозначим инерции крыла относительно оси шарнира, следовательно, дифференциальным уравнением движения будет:

$$I\ddot{\varphi} + \left( c_0 l - \kappa_y \frac{\rho v^2}{2} b \right) l \varphi = 0 \quad (3.4)$$

(слагаемое, определяющее момент силы  $X$ , опущено как имеющее второй порядок малости).

Условие устойчивости имеет вид

$$c_0 l - \kappa_y \frac{\rho v^2}{2} b > 0; \quad (3.5)$$

Следовательно, критическое значение скорости будет равно

$$\vartheta_{\text{кр}} = \sqrt{\frac{2c_0 l}{k_y \rho b}}; \quad (3.6)$$

Отсюда, в частности, можно видеть, что с увеличением коэффициента жесткости упругой опоры критическая скорость увеличивается.

Таким образом, для того чтобы рассматриваемая система после возмущения оставалась в окрестности положения равновесия

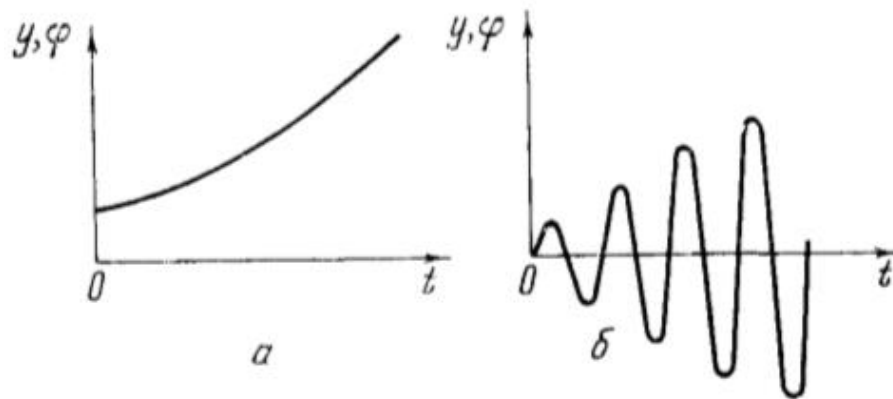


Рисунок.3.3 Система после возмущения, а) дивергенция, б) колебания флаттер

необходимо чтобы разность  $C_{11} C_{22} - C_{12} C_{21}$  удовлетворяла двум неравенствам:

$$0 < C_{11} C_{22} - C_{12} C_{21} < \left( \frac{C_{11} C_{22} - C_{12} C_{21}}{2} \right)^2 \quad (3.7)$$

Следовательно, при изменении самого первого неравенства возникает или появляется дивергенция (см. рис 4.3, а), а при нарушении второго неравенства – колебания с возрастающими амплитудами (см. рис.4.3, б) такие колебания называются флаттером. Границам области постоянства отвечают символы равенств в уравнении (7). В таком случае если подставить в уравнении выражения  $C_{13}$ , то возможно отыскать 2 критичных смысла скорости, которая служит параметром, определяющим стабильность.

Скорость флаттера:

$$v^{(1)} = 2 \sqrt{\frac{1}{3\rho\kappa_y} \frac{c_1^2 - c_1c_2 + c_2^2}{c_1 - c_2}} \quad (3.8)$$

Скорость дивергенции:

$$v^2 = 2 \sqrt{\frac{1}{3\rho\kappa_y} \frac{c_1^2 - c_1c_2 + c_2^2}{c_1 - c_2}} \quad (3.9)$$

Флаттер представляет реальную опасность для многих конструкций, но в данном случае мы используем именно это явление. [18]

### 3.3. Расчет катушки индуктивности

В данном разделе нужно провести расчет катушки индуктивности. Сама катушка индуктивности зависит от ее геометрических размеров, числа витков и способа намотки катушки. Чем больше диаметр, длина намотки и число витков катушки, тем больше ее индуктивность.

Данные расчеты были сделаны в программе “Coil32” онлайн калькуляторе. Параметры катушки и ее расчет представлен на (рисунке 3.4.)

Ограничение при расчете катушки следующие:

- шаг намотки не может превышать удвоенного диаметра провода;
- диаметр катушки не может быть больше удвоенного диаметра стержня;
- длина намотки должна быть меньше 3/4 длины стержня;
- при смещении катушки она не должна доходить до края стержня на 1/8 его длины;
- начальная магнитная проницаемость стержня должна быть больше 100;

$L =$   мГн ▼ – требуемая индуктивность

Параметры ферритового стержня:

$l_f =$   мм ▼ – Длина стержня

$d_f =$   мм ▼ – Диаметр стержня

$\mu =$   – Начальная магнитная проницаемость

Параметры катушки:

$d_c =$   мм ▼ – Диаметр каркаса

$s =$   мм ▼ – Смещение от центра стержня

$d_w =$   мм ▼ – Диаметр провода

$p =$   мм ▼ – Шаг намотки

[Рассчитать](#)

РЕЗУЛЬТАТ:

$N =$   – Число витков

$\mu_{эфф} =$   – Эффективная магнитная проницаемость стержня

$l_c =$   мм ▼ – Длина намотки

Рисунок 3.4 Расчет катушки

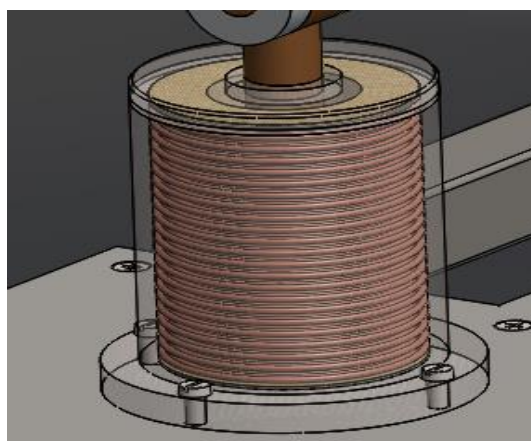


Рисунок. 3.5 Катушка индуктивности

Индуктивность - это коэффициент связывающий ток (силу тока)  $I$  протекающий по виткам катушки и её потокосцепление, математически это можно представить в виде формулы (3.10):

$$\psi = L \cdot I \quad (3.10)$$

Из формулы (3.1) можно выразить индуктивность  $L$ :

$$L = \frac{\psi}{I} \quad (3.11)$$

Запишем формулу потокосцепления катушки:

$$\psi = \frac{\mu_r \cdot \mu_0 \cdot w^2 \cdot I \cdot S}{1} \quad (3.12)$$

В знаменателе формулы (3.12.) длина  $l$ .

Подставим формулу (3.11) в формулу (3.12) и получим формулу для расчета индуктивности, для данного случая:

$$S = \pi \cdot \frac{d^2}{4} = 3.14 \cdot \frac{45^2}{4} = 70,65 \quad (3.13)$$

Для того что бы рассчитать катушку нам по требуется начальные данные которые мы взяли конструктивно по согласованию научного руководителя.

### **3.4. Расчет торсионного вала**

Торсион можно назвать своеобразной пружиной, так как после воздействия сил, которые его деформировали, торсион возвращается в первоначальное положение, как и пружина. Возвращаясь к применению торсиона, нужно отметить, что добиться от стержня нужного ресурса работы

и упругой деформации не просто, нужно учитывать множество 5 параметров торсиона, среди которых материал, диаметр и длина. Существует одна формула для расчета максимального крутящего момента, приложенного к торсиону. Из данной формулы можно выразить параметры торсиона такие как:

- Константа кручение для торсиона круглого сечения;
- Модуль сдвига;

Исходные данные для нашего торсионного вала:

- 1) Материал изготовления торсионного вала 60C2A (сталь конструкционная рессорно-пружинная);
- 2) Диаметр торсионного вала – 8 мм;
- 3) Длина вала – 160 мм;

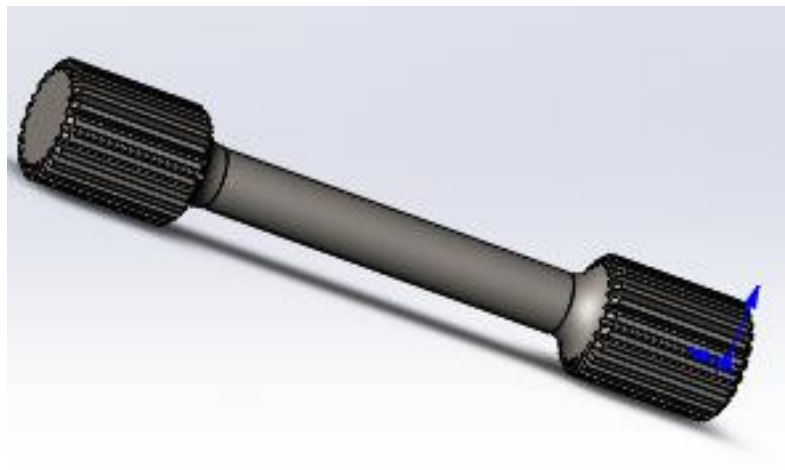


Рисунок.3.3 Торсионный вал

Данная формула выглядит вот так:

$$T = \frac{J}{t} \tau = \frac{J}{l} \phi G \quad (3.14)$$

где:  $T$  - приложенный крутящий момент или момент силы  
(векторное произведение результирующей силы и плеча силы) в Н\*м;

$\tau$  – касательное напряжение;

$J$  – константа кручения, для торсиона круглого сечения;

$l$  – длина стержня в м;

$\varphi$  – угол вращения в радианах;

$G$  – модуль сдвига в Па.

Из формулы (3.14) мы воспользуемся выражением  $T = \frac{J}{t} \tau$  для нахождения крутящего момента. Для того чтобы использовать данную формулу (3.5) мы найдем радиус стержня.

$$d = 2 \cdot r \quad (3.15)$$

Из формулы (3.15) выразим  $r$  то получим.

$$r = \frac{d}{2} = 0.004 \text{ мм};$$

Далее, мы найдем константу кручения для данного стержня:

$$J = \frac{\pi d^4}{32} \approx 0,00000000040192 \text{ м}^4 \approx 0.4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4$$

Далее найдем максимальный крутящий момент:

$$\tau = 60\,000\,000 \text{ Па};$$

После того как нашли константу кручения можно определить максимальный крутящий момент:

$$T = \frac{0.4 \cdot 10^{-8} \text{ м}^4}{0,4 \cdot 10^{-2} \cdot 60} \approx 6 \cdot 10^4 \text{ Н} \cdot \text{м};$$

### 3.5. Расчет коэффициента трения

Коэффициент трения  $h_1$  физической модели устройства характеризуется наличием трения в шарнире. Коэффициент трения в шарнире для данного устройства можно рассчитать исходя из коэффициента затухания, который является стандартной величиной для подобных шарниров.

$$\zeta = \frac{h}{2 \cdot \sqrt{c \cdot m}} \quad (3.16)$$

где  $\zeta$  - коэффициент затухания, безразмерная величина  $\zeta = 0.01$  [4];

$h$  - приведенный коэффициент трения устройства;

$c$  - приведенный коэффициент упругости устройства.

Выразим из формулы 3.16 коэффициент и посчитаем его численное значение.

$$h = \zeta \cdot 2 \cdot \sqrt{c \cdot m} \quad (3.17)$$

Подставим все данные в уравнение 3.17 то получим коэффициент демпфирования:

$$h_1 = 0,01 \cdot 2 \cdot \sqrt{751808 \cdot 3,05} = 30,3 \text{ Н*с/м}^2$$

Приведенный коэффициент трения в шарнире устройства принимаем равным  $h_1 = 30 \text{ Н*с/м}^2$ .

$$\zeta_2 = \frac{h_2}{2 \cdot \sqrt{c_2 \cdot m_2}} \quad (3.18)$$

где  $\zeta_2$  - коэффициент затухания, безразмерная величина  $\zeta = 0.025$  [4];

$h_2$  - приведенный коэффициент трения устройства;



$c_2$  - приведенный коэффициент упругости устройства,  $c_2 = 1500$   
 $H/m$  [18].

Выразим из формулы 3.18 коэффициент и посчитаем его численное значение.

$$h_2 = \zeta_2 \cdot 2 \cdot \sqrt{c_2 \cdot m_2} \quad (3.19)$$

Подставили все данные в уравнение 13 то получим коэффициент демпфирования: [18]

$$h_2 = 0,025 \cdot 2 \cdot \sqrt{1500 \cdot 5} = 194 \text{ Н*с/м}^2$$



$f$  – площадь, кв/м;

Плотность воды  $\rho$  принять равной 1000 кг/м<sup>3</sup>.

$$P_y - F_{c\varphi} - F_{\text{эдс}} \cdot l; \quad (3.25)$$

где  $F_{c\varphi}$  – жесткость пружины Н/м;

$F_{\text{эдс}}$  – ЭДС катушки;

$l$  – длина пластины (крыла), м;

$$l \cdot \operatorname{tg} \varphi = \Delta y \quad (3.26)$$

$$P_y - F_{c\varphi} - F_{\text{тр. эдс}} \cdot l = P_{\sin \omega t} \quad (3.27)$$

$$I \ddot{\varphi} + \alpha \dot{\varphi} + C_{\varphi} \Delta \varphi = P_y \sin \omega t \quad (3.28)$$

где  $I$  – момент инерции кг · м<sup>2</sup>;

$\alpha$  – сила трения (ЭДС) Н · м<sup>2</sup>;

$C_{\varphi}$  – коэффициент жёсткости торсиона; (Н/м)

$P_y$  – внешняя сила потока; (Н);

Момент инерции  $I$  можно по считать формуле (3.29), но момент инерции не учитываем.

$$I = m \cdot l^2 \cdot k \quad (3.29)$$

где  $m$  – масса крыла, кг;

$l$  – длина рычага, мм;

$k$  – коэффициент в катушки;

Внешняя сила  $P_y$  определяется по формуле:

$$P_y = F_{жс} \cdot \sin(\omega t + \Psi) \quad [5] \quad (3.30)$$

где  $F_{жс}$  - гидродинамическая сила воздействующая на крыло, Н;

$\Psi$  - фазовый угол,  $\Psi = \pi/4$  рад/сек.

Гидродинамическая сила, воздействующая на крыло, определяется по формуле:

$$F_{жс} = \rho \cdot Q v_{жс} (1 - \cos \beta) \quad [5] \quad (3.31)$$

где  $Q$  -расход воды русло реки,  $Q = 20 \text{ м}^3/\text{с}$  [6];

$v_{жс}$  - скорость потока жидкости реки,  $v_{жс} = 5 \text{ м/с}$  [6];

$\cos \beta$  - угол огибания крыла потоком жидкости реки.

Подставим в формулу (3.31) все коэффициенты то получим:

$$F_{жс} = 1000 \cdot 20 \cdot 0,2 \cdot (1 - \cos 30^\circ) = 520$$

### 3.6.2. Расчётная схема устройства

В данном разделе рассматривается математическое моделирование и дальнейшее исследование проектируемого метода диагностики динамики источника электрической энергии из потока жидкости преобразователя возврата – вращательного движения.

На основе выше сказанного, представлена на упрощённая схема устройства в виде двухмассовой системы (см. рис. 3.4).

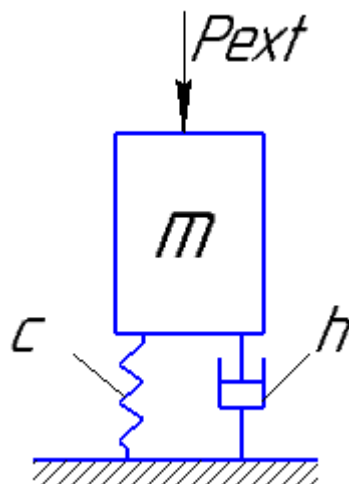


Рис.3.4 Расчётная схема одно массовой системы

где  $P_{ext}$ - сила потока жидкости;Н

$m$ -масса крыла, кг;

$c$ -жёсткость крыла;

$h$ -трение в шарнире;

При моделировании принят гармонический закон изменения возмущающей силы

$$P_{ext} = P_y * \sin(\omega * t) \quad (3.20)$$

где:  $P_{ext}$  – поток жидкости;

$P_y$  – амплитуда возмущающей, (мм);

$\omega$  - угловая частота (частота), рад/с (Гц);

$t$  - время, (с);

Скорость течения образует силу потока жидкости,  $P_{ext}$  которая является внешнем воздействием на крыло  $m_1$ .

Тело массой  $m$  масса крыла принимает воздействие от силы потока жидкости  $P_{ext}$  внешней силы, жёсткость крыла и демпфера  $h$  трение в шарнире.

Для того чтобы составить уравнение описывающее движение первого тела, (источника с преобразованием вращательно поступательного движения электрической энергии из потока жидкости) рассмотрим какие силы действуют на него (см. рис 3.5.).

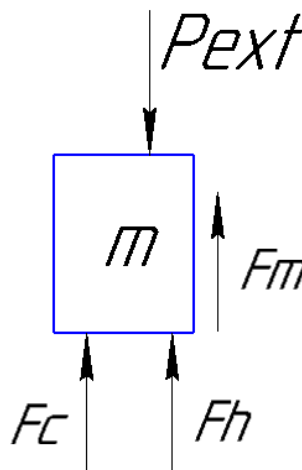


Рис.3.5 Силы, действующие на первое тело системы

где,  $P_{ext}$ - внешнее воздействие;  
 $F_m$  – сила инерции первого тела;  
 $F_c$  – сила упругости первого тела;  
 $F_h$  – сила демпфирования первого тела;

Таким образом составив баланс сил и получим:

$$P_{ext} = F_c + F_h + F_m \quad (3.21)$$

Заменим  $F_{hl}$ ,  $F_{ml}$ ,  $F_{cl}$   $F_{ml}$ , и подставим в уравнение 5, тогда получим:

$$P_{ext} = cx + hV + ma \quad (3.22)$$

Из получившегося выше уравнения 6, мы выразим ускорение ( $a$ ):

$$a = \frac{F_{ext} - cx - hV}{m} \quad (3.23)$$

Для получения начальных данных, нам необходимо определить собственные частоты колебания тел. Собственная частота первого тела исходя из схемы колебательной системы (рис. 4.2) находится по формуле, Гц:

$$f_{1cob} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{c_1}{m_1}} \quad (3.23)$$

где ,  $f_{1cob}$  - собственная частота тела; Гц;

Для расчета собственной частоты первого тела необходимо выбрать коэффициент жесткости  $c_1$  и массу  $m_1$  первого тела. Судя по исходной схеме колебательной системы, примем значение массы первого тела равным 1 кг. Тогда коэффициент жесткости  $c_1$  выбираем равным 1000 Н/м.

$$f_{1cob} = \frac{1}{2\pi} \cdot \sqrt{\frac{2000}{1}} = \frac{1}{6.28} \cdot \sqrt{2627} = 3 \text{ Гц}$$

На основании расчетов собственных частот системы, следует, что внешняя частота ( $f_w$ ) должно быть в диапазоне от 0.5 до 4 Гц. Поэтому для исключения резонанса в работе мы выбираем внешнюю частоту  $f_w=3$  Гц.

После всех расчетов далее составляем структурную схемы системы с одной массой. Среде “Matlab Simulink” Программа состоит из входа блока решения для одной массы и выхода. Схема проиллюстрирована на рисунке 3.6.

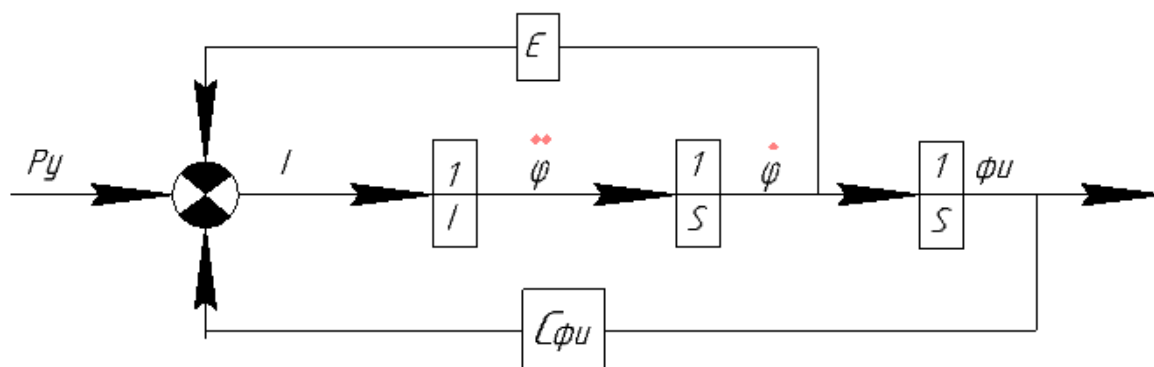


Рисунок 3.6 Структурная схема устройства

Входом для представленной схемы является сила потока жидкости на структурной схеме представлен в виде синусоидального закона, (блок  $P_u$ ), чтобы получить силу, действующую на тело необходимо получить производную от момента инерции. Далее получаем производную от силы трения ЭДС.

После того как структурная схема составлена, составляем математическую модель нашего устройства, в программе Simulink.

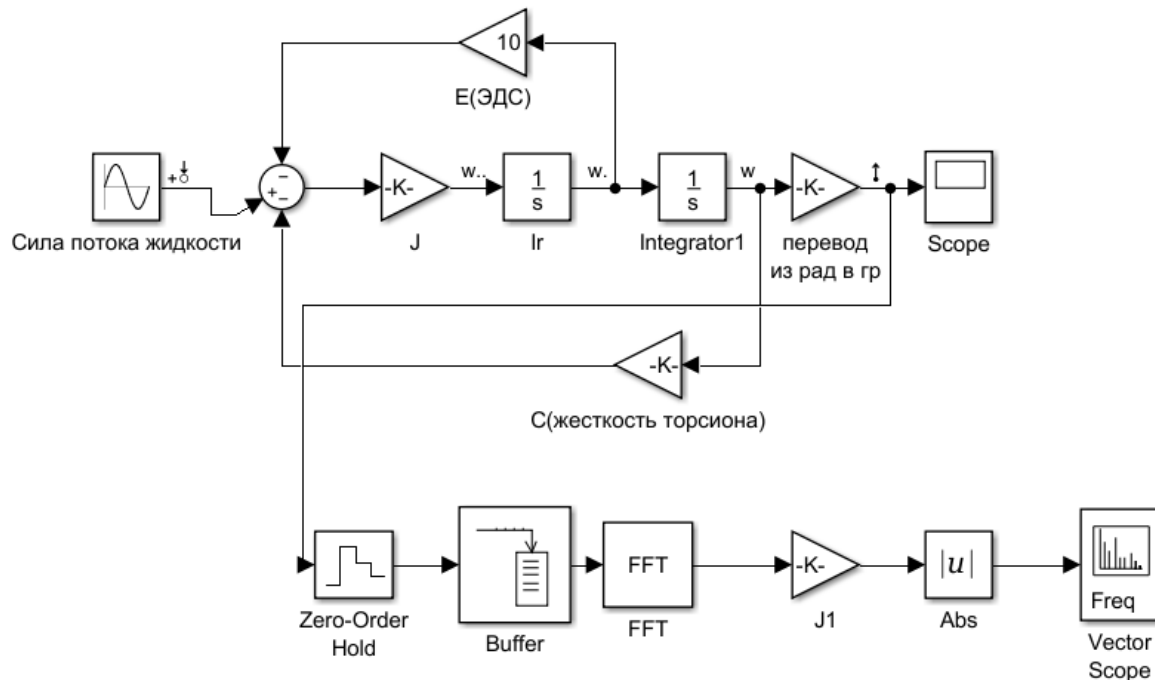


Рисунок 3.7 Программа Matlab Simulink



#### 4. РЕЗУЛЬТАТЫ МАТЕМАТИЧЕСКОГО МОДЕЛИРОВАНИЯ ИСТОЧНИКА ЭЛЕКТРИЧЕСКОЙ ЭНЕРГИИ ИЗ ПОТОКА ЖИДКОСТИ ПРЕОБРАЗОВАТЕЛЯ ВОЗВРАТНО - ВРАЩАТЕЛЬНОГО ДВИЖЕНИЯ.

По заданным параметрам получены результаты амплитуда и угла поворота крыла, представленные на рисунке 4.7.

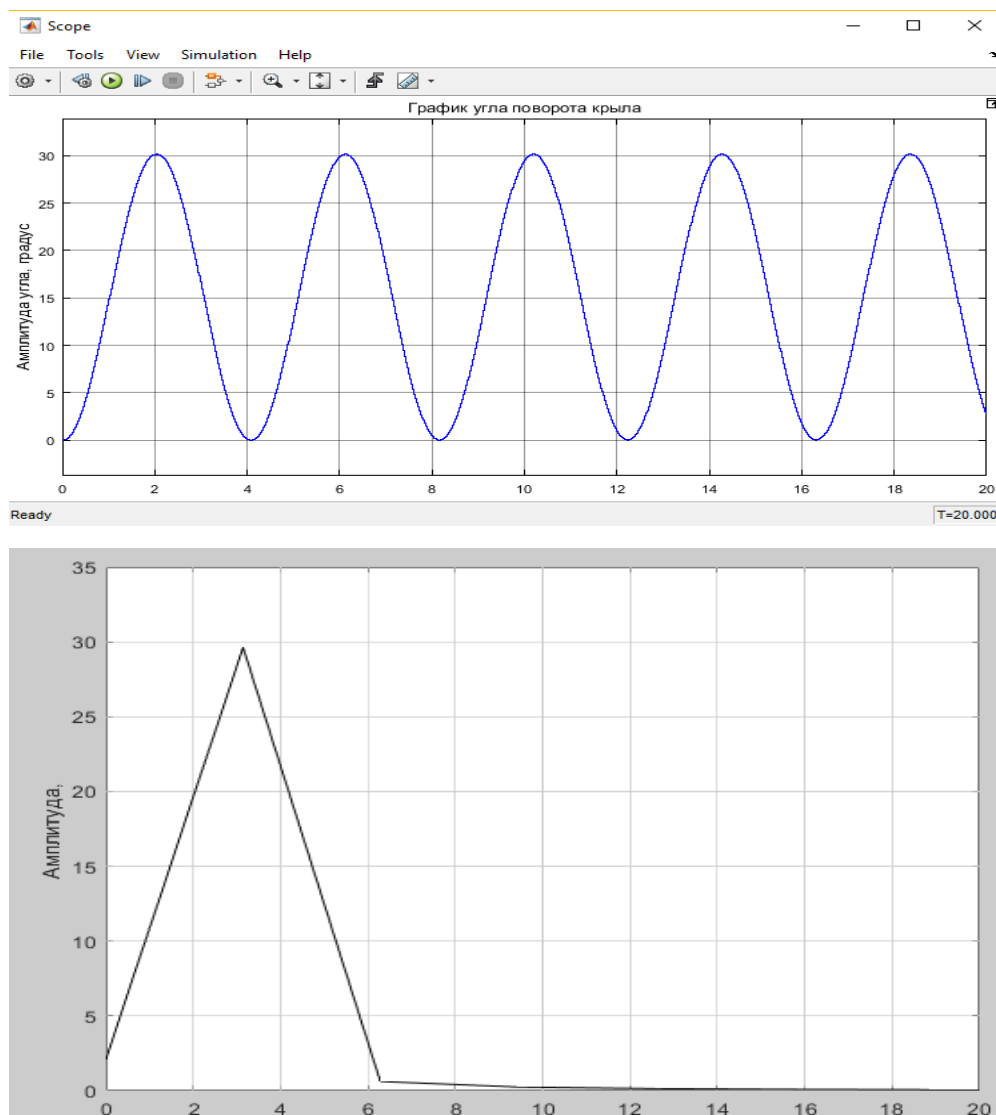


Рисунок 4.1 Графики амплитуды и угла поворота крыла

Из графиков видно, что частота составляет 3 Гц, при такой частоте амплитуда крыла составляет 30 градусов.

Для сравнения графиков мы вставим диаграмму “Bode” (см. рис.4.1). Данная диаграмма состоит из двух кривых линии: одна кривая линия это для

амплитуды вторая кривая линия для фазы. Амплитудная кривая даёт зависимости амплитуды. Фазовая кривая выражает зависимость фазового угла в градусах.

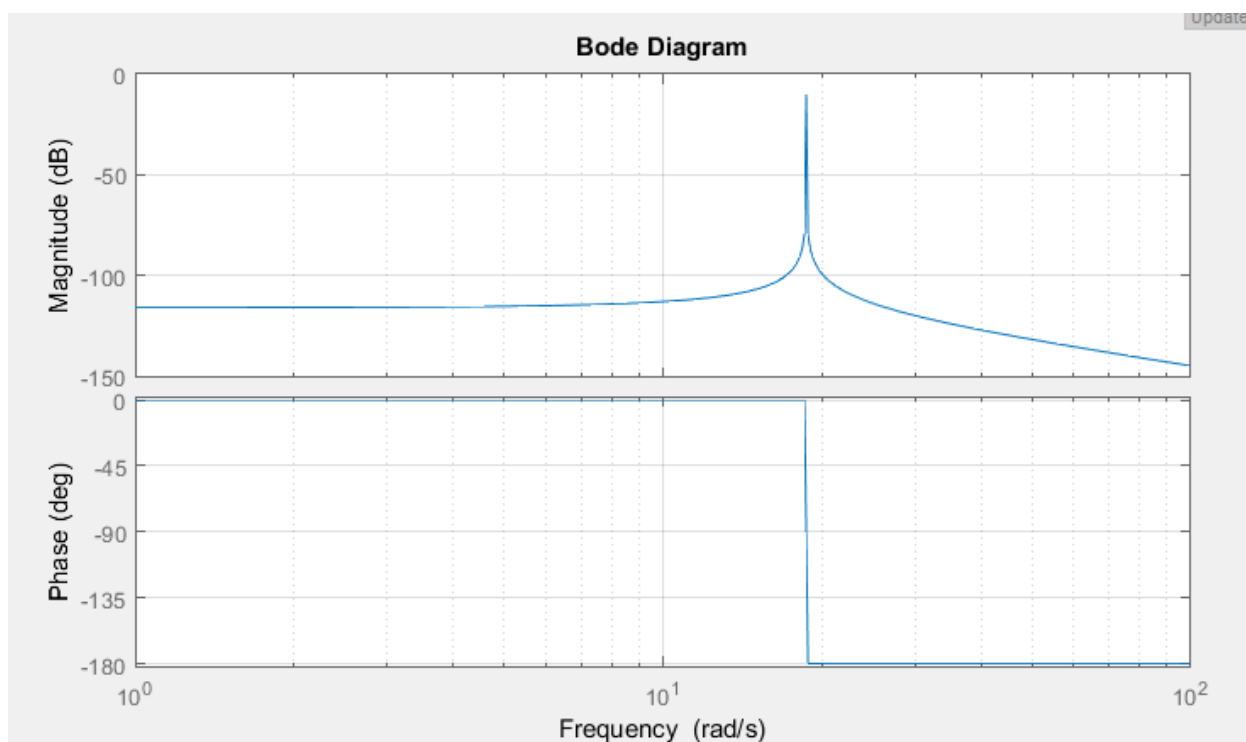


Рисунок 4.2 Диаграмма “Bode”

Графическая зависимость подъёмной силы от коэффициента лобового сопротивления  $C_y$  при различных углах атаки так называемая график поляра (см. рис 3.7). Каждая точка как видно из графика соответствует углу атаки, который обозначается на графике в виде параметра.

Далее построим графики так называемые поляра. Действует внешняя сила  $P_y \sin \omega t$  и она совпадает с собственной частотой 3 Гц.

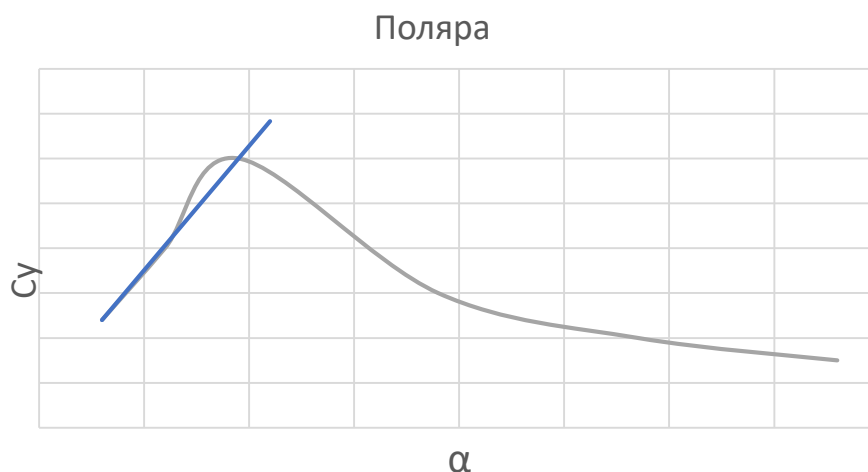


Рисунок 4.3 График зависимости построения поляры крыла от  $C_y$  до  $\alpha$



Рисунок 4.4 График зависимости построение поляры крыла от  $M_{кр}$  до  $\alpha$

Из полученных рисунков 4.1 можно сделать следующее вывод что получена зависимость влияния типа жесткости торсиона на угол поворота крыла и сила потока жидкости на угол поворота крыла.

Получены данные позволили выявить оптимальные режимы работы данного устройства. Исследование показало, что при частоте 3 Гц крыло отклоняется на 30 градусов. Из рисунка 4.3 видно, что происходит срыв крыла при 30 градусов. Также была спроектирована 3D модель данного устройства где было прорисовано все детали.

## 5. ФИНАНСОВЫЙ МЕНЕДЖМЕНТ, РЕСУРСОЭФФЕКТИВНОСТЬ И РЕСУРСОСБЕРЕЖЕНИЕ

### 5.1 Предпроектный анализ

#### 5.1.1 Потенциальные потребители результатов исследования

Для анализа потребителей результатов исследования необходимо рассмотреть целевой рынок и провести его сегментирование, которое в дальнейшем поможет найти те области, где продвижение нового продукта будет наименее трудоемким.

Целевой рынок:

- 1) горнодобывающие предприятия;
- 2) МЧС – службы, оборонные ведомства;
- 3) Частные лица. Данное исследование будет интересно всем компаниям, которые сказаны выше.

Таблица 5.1 – Карта сегментирования рынка по производству преобразователей энергии.

		Целевая аудитория		
		Горнодобывающие предприятия	МЧС и т.п.	Частные лица
Преобразователь энергии	На основе вращающихся лопастей	Метод не применяется, конкуренция отсутствует	Спец. Заказы (аукцион)	Большое количество поставщиков комплектующих, установки нуждаются в дополнительном монтаже
	На основе колеблющихся крыльев	Применение практически невозможно	Метод не применяется, конкуренция отсутствует	Метод не применяется, конкуренция отсутствует

По карте сегментирования видно, что наименьшая конкуренция на рынке преобразователей энергии на основе вращающихся лопастей отсутствует в горнодобывающей промышленности. Также отсутствует конкуренция на рынке преобразователей энергии на основе колеблющихся

крыльев в военной промышленности и среди частных лиц, так как эта технология еще не внедрена, в связи с этим требует дополнительных затрат для рекламы метода. Более предпочтительной и перспективной является целевая аудитория частных лиц, т.к. это самая массовая аудитория, а распространение продукции будет легко реализоваться посредством проекта «автономный дом» (ООО «корпорация западная Сибирь»).

### 5.1.2 Анализ конкурентных технических решений с позиции ресурсоэффективности и ресурсосбережения

На рынке присутствуют три основные конкурентные разработки:

- 1) Установки, экстрагирующие энергию потока жидкости на основе вращающихся лопастей.
- 2) Установки, экстрагирующие энергию воздушных потоков.
- 3) Установки, экстрагирующие энергию солярного света.

Таблица 5.2. Оценочная карта для сравнения конкурентных решений

Критерии оценки	Вес критерия	Баллы				Конкурентоспособность			
		Б <sub>ф</sub>	Б <sub>к1</sub>	Б <sub>к2</sub>	Б <sub>к3</sub>	К <sub>ф</sub>	К <sub>ф1</sub>	К <sub>ф2</sub>	К <sub>ф3</sub>
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Технические оценки ресурсоэффективности									
1. Повышение производительности труда пользователя	10	10	6	9	7	100	60	90	70
2. Удобство эксплуатации	8	8	8	7	5	64	64	56	40
3. Надежность	8	7	8	7	5	56	64	49	40
4. Экологичность	4	3	2	3	4	12	8	12	8
5. Регулярность источника энергии	9	9	9	8	6	81	81	72	54
6. Ремонтопригодность	8	5	8	5	4	40	56	40	32
7. Возможность применения	9	9	4	8	6	81	36	72	54
8. Универсальность	8	8	2	8	7	64	16	64	56
Экономические критерии оценки эффективности									
1. Конкурентоспособность продукта	10	10	8	9	7				
2. Уровень проникновения на рынок	8	0	8	0	0	0	64	0	0
3. Цена	5	3	5	3	2	15	25	15	10
4. Срок выхода на рынок	8	0	8	8	6	0	64	64	48
5. Наличие прототипа	5	3	5	5	4	25	25	25	20
Итого:	100	85	75	80	63	598	499	558	432

Новая способ экстрагирования технически эффективней конкурентов, за счет повышения КПД колеблющихся крыльев выше, возрастает производительность труда пользователя. Метод более универсален, его можно применять в местности слабого соларного излучения и ветреного потока. Экономическая оценка находится на одном уровне с основными конкурентами. Предложенный продукт более конкурентоспособен. Ближайшим конкурентом являются установки, экстрагирующие энергию потока жидкости на основе вращающихся лопастей. [19]

## 5.2 SWOT-анализ

SWOT – Strengths (сильные стороны), Weaknesses (слабые стороны), Opportunities (возможности) и Threats (угрозы) – представляет собой комплексный анализ научно-исследовательского проекта. SWOT-анализ применяют для исследования внешней и внутренней среды проекта.

Таблица 5.3. Матрица SWOT

	<p><b>Сильные стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>С1. Технология эффективней, чем у конкурентов, т.к. используется новая конструкция, увеличивающая кпд.</p> <p>С2. По сравнению с основными конкурентами стоимость сравнима.</p> <p>С3. Небольшая стоимость разработки проекта, т.к. необходимое оборудование доступно.</p> <p>С4. Полная автоматизация процесса накопления энергии.</p> <p>С5. Поток исходной энергии постоянен.</p>	<p><b>Слабые стороны научно-исследовательского проекта:</b></p> <p>Сл1. Продукт не продавался</p> <p>Сл2. Настройка установки должно контролироваться специалистом</p> <p>Сл3. Низкая ремонтпригодность отдельных элементов конструкции, практически все элементы конструкции могут быть только заменены в случае поломки</p> <p>Сл4. Потребуется время и дополнительные ресурсы для реализации массового производства.</p>
--	--	---

### Продолжение таблицы 5.3

<p><b>Возможности:</b></p> <p>В1. Низкая конкуренция, т.к. методика ранее не применялась в России</p> <p>В2. Низкая заинтересованность конкурентов данным рынком</p> <p>В3. Увеличение спроса со стороны экспедиционных организаций, т.к. требуется энергообеспечение отдаленных районов</p> <p>В4. Заинтересованность населения в альтернативных (возобновляемых) источниках энергии.</p>	<p>В3С1С2С4-высокий спрос в связи с сравнимой стоимостью разработок конкурентов и лучшей методики экстрагирования.</p> <p>В4С1С2С4-бесконечный и доступный источник энергии.</p>	<p>В3Сл1-высокий спрос со стороны экспедиционных организаций, продукт еще не выходил на рынок, потенциальный потребитель не знает о нем</p> <p>В4Сл3-конкуренты технически устарели, но они более ремонтпригодны.</p>
<p><b>Угрозы:</b></p> <p>У1. Спрос может быть ниже ожидаемого, в том случае, если пропадет интерес к освоению новых отдаленных районов страны.</p> <p>У2. Понижение стоимость электросетевого питания, доступность сетей общего пользования в отдаленных районах</p>		

## 5.3 Планирование научно-исследовательских работ

### 5.3.1 Структура работ в рамках научного исследования

Проект разбивается на этапы выполнения, для распределения задач с целью распределения заработной платы.

Таблица 5.4. Перечень этапов и распределение исполнителей

Основные этапы	№ раб	Описание работы	Должность исполнителя
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель, предприятие

### Продолжение таблицы 5.3

Выбор направления исследований	2	Изучение материалов по теме	Студент
	3	Проведение патентного обзора	Студент
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Составление кинематической схемы	Студент
	5	Выполнение расчетов	Студент
	6	Построение модели	Студент, руководитель
	7	Построение прототипа	Предприятие
Проведение ОКР			
Разработка технологической документации	8	Разработка чертежей деталей	Студент
	9	Разработка сборочных чертежей	Студент
	10	Заполнение технологической документации	Студент
Оформление отчета	11	Заполнение пояснительной записки	Студент

Таблица 5.5. Перечень работ и продолжительность их выполнения

Этапы работы	Исполнители	Загрузка исполнителей
1	2	3
Постановка целей и задач	НР	НР – 100%
Разработка и утверждение ТЗ	НР, И	НР – 100% И – 10%
Подбор и изучение материалов по тематике	НР, И	НР – 20% И – 100%
Разработка календарного плана	НР, И	НР – 100% И – 40%
Поиск аналогов и обсуждение их достоинств и недостатков	НР, И	НР – 20% И – 100%
Составление принципиальной схемы	НР, И	НР – 20% И – 100%
Построение 3D модели устройства	И	И – 100%
Создание математической модели согласно ТЗ	И	И – 100%
Проведение исследований	НР, И	НР – 20% И – 100%
Оформление пояснительной записки	И	И – 100%
Подведение итогов	НР, И	НР – 60% И – 100%

Для выполнения перечисленных в таблице 4.4 работ требуются специалисты:

- инженер «И» – в его роли действует исполнитель ВКР;
- научный руководитель «НР». [19]



### 5.3.2 Определение трудоемкости выполнения работ

Трудоемкость выполнения научного исследования оценивается экспертным путем в человеко-днях и носит вероятностный характер, т.к. зависит от множества трудно учитываемых факторов. Для определения, ожидаемого (среднего) значения трудоемкости:

$$t_{ож} = \frac{3t_{min} + 2t_{max}}{5}, \quad (5.1)$$

Где  $t_{ож}$  – ожидаемая трудоемкость выполнения работы чел.-дн.

$t_{min}$  – минимальная возможная трудоемкость выполнения заданной работы (оптимистическая оценка в предположении наиболее благоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн. [20]

$t_{max}$  – максимально возможная трудоемкость выполнения заданной работы (пессимистическая оценка в предположении наиболее неблагоприятного стечения обстоятельств), чел.-дн.

Исходя из ожидаемой трудоемкости работ, определяется продолжительность каждой работы в рабочих днях  $T_p$ , учитывающая параллельность выполнения работ несколькими исполнителями. Такое вычисление необходимо для обоснованного расчета заработной платы, так как удельный вес зарплаты в общей сметной стоимости научных исследований составляет около 65 %.

$$T_p = \frac{t_{ож}}{Ч}, \quad (5.2)$$

где  $T_p$  – продолжительность одной работы, раб. дн.

Ч – численность исполнителей, выполняющих одновременно одну и ту же работу на данном этапе, чел.

Таблица 5.6. Ожидаемое время выполнения работы

Основные этапы	№ ра б		$t_{ож}$ , чел.-дн.
Разработка технического задания	1	Составление и утверждение технического задания	1
Выбор направления исследований	2	Изучение материалов по теме	1,4
	3	Проведение патентного обзора	2
Теоретические и экспериментальные исследования	4	Составление кинематической схемы	4,2
	5	Выполнение расчетов	4,2
	6	Построение модели	4,6
	7	Оформление патента	4,6
Проведение ОКР			
Разработка технологической документации	8	Разработка чертежей деталей	6,4
	9	Разработка сборочных чертежей	4,2
	10	Заполнение технологической документации	11,4
Оформление отчета	11	Заполнение пояснительной записки	2,8
Итого:			46,7

Расчет продолжительности одной работы не является необходимым, т.к. на каждой работе задействован один исполнитель, то есть  $T_p = t_{ож}$ .

### 5.3.3 Разработка графика проведения научного исследования.

Строится график проведения научного исследования в форме диаграммы Ганта.

Для удобства построения, длительность каждого из этапов работ из рабочих дней необходимо перевести в календарные дни. [21]

$$T_{ki} = T_{pi} \cdot k_{кал}, \quad (5.3)$$

где  $T_{ki}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в календарных днях;

$T_{pi}$  – продолжительность выполнения  $i$ -й работы в рабочих днях;

$k_{кал}$  – коэффициент календарности.

Коэффициент календарности определяется по следующей формуле:

$$k_{\text{кал}} = \frac{T_{\text{кал}}}{T_{\text{кал}} - T_{\text{вых}} - T_{\text{пр}}}, \quad (5.4)$$

где  $T_{\text{кал}}$  — количество календарных дней в году;

$T_{\text{вых}}$  — количество выходных дней в году;

$T_{\text{пр}}$  — количество праздничных дней в году.

Таблица 5.7. Временные показатели проведения научного исследования

Название работы	Трудоемкость работ									Исполнители			Длительность работ в рабочих днях $T_p$			Длительность работ в календарных днях $T_k$		
	$t_{min}$			$t_{max}$			$t_{ож}$											
	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3	Исполнение 1	Исполнение 2	Исполнение 3
Составление и утверждение ТЗ	1			1			1			Руководитель			1			2		
Изучение материала по теме	1			2			1,4			Студент			1,4			2		
Проведение патентного обзора	2			2			2			Студент			2			3		
Составление кинематической схемы	3			6			4,2			Студент			4,2			6		
Выполнение расчетов	3			6			4,2			Студент			4,2			6		
Построение модели гасителя	3			7			4,6			Студент			4,6			7		
Оформление патента	3			7			4,6			Студент			4,6			7		
Разработка чертежей деталей	6			7			6,4			Студент			6,4			9		
Разработка сборочных чертежей	3			6			4,2			Студент			4,2			6		
Заполнение технологической документации	9			15			11,4			Студент			11,4			16		
Заполнение пояснительной записки	2			4			2,8			Студент			2,8			4		

$$k_{\text{кал}} = \frac{365}{365 - 104 - 14} = 1,47$$

Таблица 5.8. Календарный план-график проведения НИОКР по теме

№ работ	Вид работ	Исполнитель и	$T_k$	Продолжительность выполнения работ						
				Март	Апрель			Май		
				3	1	2	3	1	2	3
1	Составление и утверждение технического задания	Руководитель	2							
2	Изучение материалов по теме	Студент	2							
3	Проведение патентного обзора	Студент	3							
4	Составление кинематической схемы	Студент	6							
5	Выполнение расчетов	Студент	6							
6	Построение модели	Студент	7							
7	Оформление патента	Студент	7							
8	Разработка чертежей деталей	Студент	9							
9	Разработка сборочных чертежей	Студент	6							
10	Заполнение технологической документации	Студент	16							
11	Заполнение пояснительной записки	Студент	4							

### 5.3.4 Расчет материальных затрат НТИ

Расчет материальных затрат осуществляется по следующей формуле:

$$Z_m = (1 + k_T) \cdot \sum_{i=1}^m C_i \cdot N_{расх i} , \quad (5.5)$$

где  $m$  – количество видов материальных ресурсов, потребляемых при выполнении научного исследования;

$N_{расхi}$  – количество материальных ресурсов  $i$ -го вида, планируемых к использованию при выполнении научного исследования (шт., кг, м, м<sup>2</sup> и т.д.);

$Ц_i$  – цена приобретения единицы  $i$ -го вида потребляемых материальных ресурсов (руб./шт., руб./кг, руб./м, руб./м<sup>2</sup> и т.д.);

$k_T$  – коэффициент, учитывающий транспортно-заготовительные расходы. [21]

ИТ

Таблица 5.9. Материальные затраты

Наименование	Единица измерения	Количество			Цена за ед., руб.	Затраты на материалы		
		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3		Исп. 1	Исп. 2	Исп. 3
Болт М8	шт.	24	24	28	1,5	36	36	42
Квадрат 160	м.	2	2	1,5	5280	10560	10560	7920
Уголок 20Х20Х4	м.	1	1	1	50	50	50	50
Винт М6	шт.	24	24	24	1,3	31,2	31,2	31,2
Сверло 2301-3001 В1 ГОСТ 10903-77	шт.	1	1	1	50	50	50	50
Сверло 2301-0042 В1 ГОСТ 10903-77	шт.	1	1	1	50	50	50	50
Метчик 2620-1154 ГОСТ 3266-81	шт.	1	1	-	107	107	107	-
Резец токарный Т5К10	шт.	2	2	2	280	560	560	560
Пруток ВТ1-0	м.	1	1	1	4330	4330	4330	4330
Зенкер	шт.	1	1	1	369	678	678	678
Сверло 2301-3002	шт.	1	1	1	54	54	54	54
Сверло 2301-0077	шт.	1	1	1	93	93	93	93
Фреза Концевая d12,0х 16х101 к/х Р6М5 Z=4 КМ2	шт.	1	1	1	287	287	287	287
Фреза Концевая d10,0х 22х92 к/х Р6М5 Z=3 КМ1	шт.	1	1	1	287	287	287	287
Винт М4	шт.	16	16	12	1,3	20,8	20,8	20,8
Плашка М8	шт.	1	1	1	68	68	68	68
Винт М8	шт.	8	8	8	1,4	11,2	11,2	11,2
Итого расходы на материалы:						17273,2	17273,2	14532,2

### 5.3.5 Основная заработная плата исполнителей.

Величина расходов по заработной плате определяется исходя из трудоемкости выполняемых работ и действующей системы окладов и тарифных ставок. В состав основной заработной платы включается премия,

выплачиваемая ежемесячно из фонда заработной платы в размере 20 –30 % от тарифа или оклада. Расчет основной заработной платы сводится в табл. 5.10.

Таблица 5.10. Расчет основной заработной платы

№ п/п	Наименование этапа	Исполнитель	Трудоемкость, чел.-дн	Заработная плата на один чел.-дн., тыс. руб.	Всего заработная плата по тарифу, тыс. руб.
1	Составление и утверждение ТЗ	Руководитель	1	1356	1356
2	Изучение материалов по теме	Студент	1,4	879	1230
3	Проведение патентного обзора	Студент	2	879	1758
4	Составление кинематической схемы	Студент	4,2	879	3691,8
5	Выполнение расчетов	Студент	4,2	879	3691,8
6	Построение модели гасителя	Студент	4,6	879	4043,4
7	Оформление патента	Студент	4,6	879	4043,4
8	Разработка чертежей деталей	Студент	6,4	879	5625,6
9	Разработка сборочных чертежей	Студент	4,2	879	3691,8
10	Заполнение технологической документации	Студент	11,4	879	1020,6
11	Заполнение пояснительной записки	Студент	2,8	879	2461,2

Статья включает основную заработную плату работников, непосредственно занятых выполнением НТИ, (включая премии, доплаты) и дополнительную заработную плату:

$$Z_{\text{зп}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{доп}}, \quad (5.4)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата;

$Z_{\text{доп}}$  – дополнительная заработная плата (12-20 % от  $Z_{\text{осн}}$ ).

Основная заработная плата ( $Z_{\text{осн}}$ ) руководителя (лаборанта, инженера) от предприятия (при наличии руководителя от предприятия) рассчитывается по следующей формуле:

$$Z_{\text{осн}} = Z_{\text{дн}} \cdot T_p, \quad (5.5)$$

где  $Z_{\text{осн}}$  – основная заработная плата одного работника;

$T_p$  – продолжительность работ, выполняемых научно-техническим работником, раб. дн.

$Z_{\text{дн}}$  – среднедневная заработная плата работника, руб.

Среднедневная заработная плата рассчитывается по формуле:

$$Z_{\text{дн}} = \frac{Z_m \cdot M}{F_d}, \quad (5.6)$$

где  $Z_m$  – месячный должностной оклад работника, руб.;

$M$  – количество месяцев работы без отпуска в течение года:

при отпуске в 24 раб. дня  $M = 11,2$  месяца, 5-дневная неделя;

при отпуске в 48 раб. дней  $M = 10,4$  месяца, 6-дневная неделя;

$F_d$  – действительный годовой фонд рабочего времени научно-технического персонала, раб. дн. (таблица 5.11).



Таблица 5.11. Баланс рабочего времени

Показатели рабочего времени	Руководитель	Студент
Календарное число дней	365	365
Количество нерабочих дней		
- выходные дни	104	104
- праздничные дни	14	14
Потери рабочего времени		
- отпуск	24	48
- невыходы по болезням	-	-
Действительный годовой фонд рабочего времени	223	199

$$З_{\text{дн1}} = \frac{З_{\text{м}} \cdot М}{F_{\text{д}}} \text{ руб} - \text{руководитель};$$

$$З_{\text{дн2}} = \frac{17500 \cdot 10}{199} = 879 \text{ руб} - \text{студент}.$$

$$З_{\text{осн1}} = 1356 \cdot 68 = 92208 \text{ руб} - \text{руководитель};$$

$$З_{\text{осн2}} = 879 \cdot 68 = 58014 \text{ руб} - \text{студент}.$$

$$З_{\text{зп1}} = 92208 + 92208 \cdot 0,12 = 103272,96 \text{ руб} - \text{руководитель};$$

$$З_{\text{зп2}} = 58014 + 58014 \cdot 0,12 = 64975,68 \text{ руб} - \text{студент}.$$

### 5.3.6 Дополнительная заработная плата исполнителей темы

Затраты по дополнительной заработной плате исполнителей темы учитывают величину предусмотренных Трудовым кодексом РФ доплат за отклонение от нормальных условий труда, а также выплат, связанных с обеспечением гарантий и компенсаций (при исполнении государственных и общественных обязанностей, при совмещении работы с обучением, при предоставлении ежегодного оплачиваемого отпуска и т.д.). [21]

Расчет дополнительной заработной платы ведется по следующей формуле:

$$З_{\text{доп}} = k_{\text{доп}} \cdot З_{\text{осн}} \quad (5.7)$$

где  $k_{\text{доп}}$  – коэффициент дополнительной заработной платы (на стадии проектирования принимается равным 0,12 – 0,15).

$$З_{\text{доп1}} = 0,12 \cdot 92208 = 11064,96 \text{руб} - \text{руководитель.}$$

$$З_{\text{доп2}} = 0,12 \cdot 58014 = 6961,68 \text{руб} - \text{студент.}$$

### 5.3.7 Отчисления во внебюджетные фонды (страховые отчисления)

Величина отчислений во внебюджетные фонды определяется исходя из следующей формулы:

$$З_{\text{внеб}} = k_{\text{внеб}} \cdot (З_{\text{осн}} + З_{\text{доп}}), \quad (5.8)$$

где  $k_{\text{внеб}}$  – коэффициент отчислений на уплату во внебюджетные фонды (пенсионный фонд, фонд обязательного медицинского страхования и пр.).

На 2017 г. в соответствии с Федеральным законом от 24.07.2009 №212-ФЗ установлен размер страховых взносов равный 30%. На основании пункта 1 ст.58 закона №212-ФЗ для учреждений осуществляющих образовательную и научную деятельность в 2014 году водится пониженная ставка – 27,1%<sup>2</sup>.

Отчисления во внебюджетные фонды представлены в табличной форме (табл. 5.12). [21]

---

<sup>2</sup> Федеральный закон от 24.07.2009 №212-ФЗ «О страховых взносах в Пенсионный фонд Российской Федерации, Фонд социального страхования Российской Федерации, Федеральный фонд обязательного медицинского страхования»

Таблица 5.12. Отчисления во внебюджетные фонды

Исполнитель	Основная заработная плата, руб.	Дополнительная заработная плата, руб.
Руководитель проекта	92208	11064,96
Студент	58014	6961,68
Коэффициент отчислений во внебюджетные фонды	27,1	27,1
<b>Итого</b>	45595,19	

### 5.3.8 Накладные расходы

Накладные расходы учитывают прочие затраты организации, не попавшие в предыдущие статьи расходов: печать и ксерокопирование материалов исследования, оплата услуг связи, электроэнергии, почтовые и телеграфные расходы, размножение материалов и т.д. Их величина определяется по следующей формуле:

$$Z_{\text{накл}} = (\text{сумма статей } 1 \div 7) \cdot k_{\text{нр}}, \quad (5.9)$$

где  $k_{\text{нр}}$  – коэффициент, учитывающий накладные расходы.

Величину коэффициента накладных расходов можно взять в размере 16%.

## 5.4 Определение ресурсной (ресурсосберегающей), финансовой, бюджетной, социальной и экономической эффективности исследования.

Определение эффективности происходит на основе расчета интегрального показателя эффективности научного исследования. Его нахождение связано с определением двух средневзвешенных величин: финансовой эффективности и ресурсоэффективности.

*Интегральный показатель финансовой эффективности* научного исследования получают в ходе оценки бюджета затрат двух вариантов

исполнения научного исследования. Для этого наибольший интегральный показатель реализации технической задачи принимается за базу расчета (как знаменатель), с которым соотносятся финансовые значения по всем вариантам исполнения.

**Интегральный финансовый показатель** разработки определяется как:

$$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{\Phi_{pi}}{\Phi_{\text{max}}}, \quad (5.10)$$

где  $I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i}$  – интегральный финансовый показатель разработки;

$\Phi_{pi}$  – стоимость  $i$ -го варианта исполнения;

$\Phi_{\text{max}}$  – максимальная стоимость исполнения научно-исследовательского проекта (в т.ч. аналоги).

Полученная величина интегрального финансового показателя разработки отражает соответствующее численное увеличение бюджета затрат разработки в размах (значение больше единицы), либо соответствующее численное удешевление стоимости разработки в размах (значение меньше единицы, но больше нуля).

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{31480671}{314806,71} = 1$  - интегральный финансовый показатель разработки первого исполнения.

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{30928164}{314806,71} = 0,982$  - интегральный финансовый показатель разработки второго исполнения.

$I_{\text{финр}}^{\text{исп.}i} = \frac{30886376}{314806,71} = 0,981$  - интегральный финансовый показатель разработки третьего исполнения.

**Интегральный показатель ресурсоэффективности** вариантов исполнения объекта исследования можно определить следующим образом:

$$I_{pi} = \sum a_i \cdot b_i, \quad (5.11)$$

где  $I_{pi}$  – интегральный показатель ресурсоэффективности для  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$a_i$  – весовой коэффициент  $i$ -го варианта исполнения разработки;

$b_i^a, b_i^p$  – бальная оценка  $i$ -го варианта исполнения разработки, устанавливается экспертным путем по выбранной шкале оценивания;

$n$  – число параметров сравнения.

Расчет интегрального показателя ресурсоэффективности рекомендуется проводить в форме таблицы (табл. 5.13).

Таблица 5.13. Сравнительная оценка характеристик вариантов исполнения проекта

Объект исследования Критерии	Весовой коэффициент параметра	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1. Способствует росту производительности труда пользователя	0,15	5	3	3
2. Удобство в эксплуатации	0,15	5	4	3
3. Помехоустойчивость	0,15	5	3	3
4. Настройка работы	0,25	5	3	3
5. Стоимость	0,3	3	3	3
ИТОГО	1			

$$I_{p-исп1} = 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,15 + 5 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,3 = 4,4$$

$$I_{p-исп2} = 3 \cdot 0,15 + 4 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,3 = 3,15$$

$$I_{p-исп3} = 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,15 + 3 \cdot 0,25 + 3 \cdot 0,3 = 3$$

Интегральный показатель эффективности вариантов исполнения разработки

( $I_{исп.i.}$ ) определяется на основании интегрального показателя ресурсоэффективности и интегрального финансового показателя по формуле:

$$I_{исп.1} = \frac{I_{p-исп1}}{I_{финр}^{исп.1}}, \quad I_{исп.2} = \frac{I_{p-исп2}}{I_{финр}^{исп.2}} \text{ и т.д.} \quad (5.12)$$

$$I_{исп.1} = \frac{4,4}{1} = 4,4; \quad I_{исп.2} = \frac{3,15}{0,982} = 3,2; \quad I_{исп.3} = \frac{3}{0,981};$$

Сравнительная эффективность проекта ( $\mathcal{E}_{cp}$ ):

$$\mathcal{E}_{cp} = \frac{I_{исп.1}}{I_{исп.2}} \quad (5.13)$$

В табл.5.14. представлена сравнительная эффективность разработки

№ п \п	Показатели	Исп.1	Исп.2	Исп.3
1	Интегральный финансовый показатель разработки	1	0,982	0,981
2	Интегральный показатель ресурсоэффективности и разработки	4,4	3,15	3
3	Интегральный показатель эффективности	4,4	3,2	3,05
4	Сравнительная эффективность вариантов исполнения	Исп1/Исп2=1,375; Исп1/Исп3=1,44	Исп2/Исп3=1,049; Исп2/Исп1=0,72	Исп3/Исп2=0,95; Исп3/Исп1=0,69

По данным из табл.5.14 можно сделать вывод, что наиболее эффективный вариант решения ТЗ с позиции финансовой и ресурсной эффективности – первый вариант исполнения. [21]

## **Заключение**

В ходе выполнения раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» был определен целевой рынок, потребителей результатов исследований, проведенных на разрабатываемом стенде. Рассчитаны материальные затраты на научно-техническую разработку стенда, затраты фонда основной и дополнительной заработной платы, отчисления во внебюджетные фонды, транспортные расходы, накладные расходы, на основании которых составлен бюджет затрат на НТИ. По результатам таблицы 5.14 можно сделать вывод о наибольшей эффективности первого исполнения устройства.

Произведена сравнительная характеристика эффективности разработки на основании интегрального показателя ресурсоэффективности. Раздел, финансовый менеджмент позволяет определить эффективность разрабатываемого либо исследуемого устройства, что в современном мире играет важную роль. Так как экономически выгодная разработка будет всегда актуальна и воспримется с большим энтузиазмом.

## 6. СОЦИАЛЬНАЯ ОТВЕТСТВЕННОСТЬ

### Введение

Изучение и решение проблем, связанных с обеспечением здоровых и безопасных условий, в которых протекает труд человека – одна из наиболее важных задач в разработке новых технологий и систем производства.

Безопасность жизнедеятельности человека определяется характером труда, его организацией, взаимоотношениями, существующими в трудовых коллективах, организацией рабочих мест, наличием опасных и вредных факторов в среде обитания.

Такие установки с преобразованием вращательно поступательного движения электрической энергии из потока жидкости применяются по отношению к таким источникам энергии, запасы которых восполняются естественным образом.

Принцип работы этого оборудования достаточно прост, тем самым добавляет ему надежность. Водный поток набегает на крыло или пластину тем самым крыло или пластина начинает качаться на волнах гидроцилиндр, который жёстко закреплён на дне, создает в его напорной камере, избыточное давление в результате возвратно-поступательного движения штока, скрепленного с нижней части крыла тем самым, вырабатывается электроэнергия.

Установка проектируется на ПЭВМ в программе SolidWorks, следовательно, длительная работа за ПЭВМ может отрицательно воздействовать на здоровья человека. ПЭВМ и прежде всего монитор ПК (персонального компьютера) является источником электрического поля; слабых электромагнитных излучений в низкочастотных и высокочастотных диапазонах (2Гц...400Гц); рентгеновского излучения; ультрафиолетового излучения; инфракрасного излучения; излучения видимого диапазона.[22]



## 6.1. Производственная безопасность

### 6.1.1. Общая характеристика помещения

Дипломная работа выполнялась в городе Томск в Томском политехническом университете в корпусе №16.

Общая площадь рабочего помещения составляет 48м<sup>2</sup> (длина А=8м, ширина В=6м), объем составляет 168 м<sup>3</sup>(высота С=3,5м). В кабинете работает 4 человека, на каждого работающего приходится в среднем 12м<sup>2</sup> общей площади и 42м<sup>3</sup> объема.

По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 санитарные нормы составляют 6,5 м<sup>2</sup> и 20 м<sup>3</sup> объема на одного человека. Исходя из приведенных выше данных, можно сказать, что количество рабочих мест соответствует размерам помещения по санитарным нормам. [22]

*Опасные и вредные факторы при выполнении работ по оценке технического состояния подводного источника с преобразованием вращательно поступательного движения электрической энергии из потока жидкости*

Источник фактора, наименование видов работ	Факторы (по ГОСТ 12.0.003-74)		Нормативные документы
	Вредные	Опасные	
Работа с устройством. 1) проверка на прочность закрепление ко дну устройства; 2) калибровка крыла; 3) визуальное обследование при работе устройства; 4) обследование индукционной катушки после каждой работы устройства.	1. Воздействие электромагнитных излучений; 2. Недостаточная освещенность; 3. Шум от работы оборудования. 4. Некомфортные метеорологические условия; 5. Умственное перенапряжение и др.	1. Электрический ток.	Приводятся нормативные документы, которые регламентируют действие каждого выявленного фактора с указанием ссылки на список литературы.  Например, параметры микроклимата устанавливаются СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 [1].

### 6.1.2. Анализ выявленных вредных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения.

Данная работа непосредственно связана с компьютером, а, следовательно, с дополнительным воздействием целой группы *вредных*

**факторов**, что существенно снижает производительность труда. К таким факторам можно отнести:

- воздействие электромагнитных излучений;
- недостаточная освещенность;
- шум от работы оборудования (в частности, матричных принтеров);
- некомфортные метеорологические условия;
- умственное перенапряжение и др.

#### Работа на ПЭВМ

Длительная работа на ПЭВМ может отрицательно воздействовать на здоровье человека. ПЭВМ и, прежде всего монитор ПК (персонального компьютера), является источником электростатического поля; слабых электромагнитных излучений в низкочастотном и высокочастотном диапазонах (2 Гц...400 кГц); рентгеновского излучения; ультрафиолетового излучения; инфракрасного излучения; излучения видимого диапазона.

Неподвижная напряженная поза оператора ПЭВМ в течении длительного времени приводит к усталости и появлению болей в позвоночнике, плечевых суставах, шее. Работа на клавиатуре вызывает болевые ощущения в локтевых суставах, запястьях, кистях и пальцах рук. Наиболее сильной нагрузке подвергается зрительный аппарат оператора. На рисунке 5.1 показаны факторы отрицательного воздействия компьютера на здоровье человека. [23]

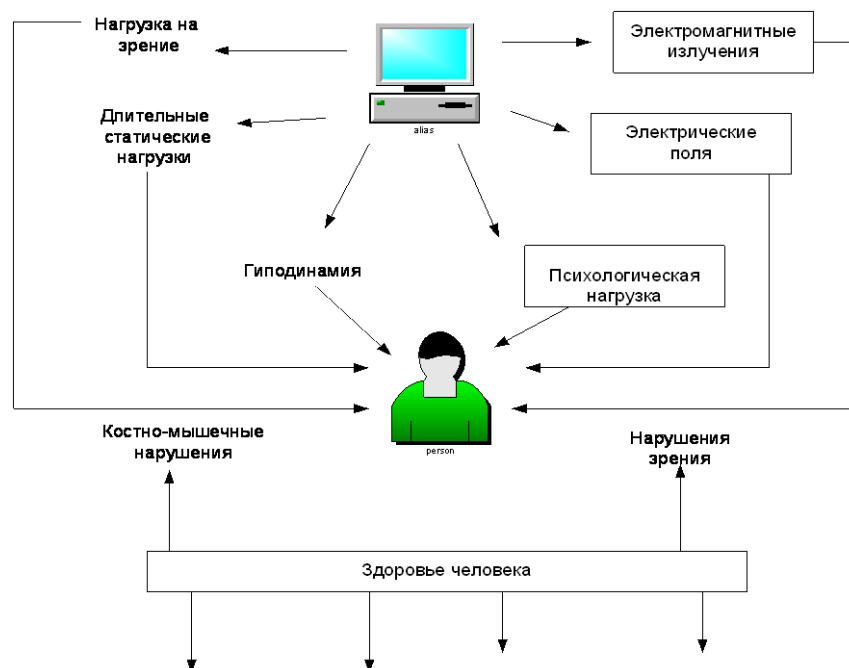


Рисунок 6.1 Факторы отрицательного воздействия на здоровье человека

Безопасные уровни излучений регламентируются нормами Госкомсанэпидемнадзора «Гигиенические требования к видеодисплейным терминалам и ПЭВМ, и организация работ. Санитарные нормы и правила. 1996».

В настоящее время большинство мониторов имеют маркировку Low Radiation (низкое излучение). Наиболее безопасны мониторы, в которых создан дополнительный металлический внутренний контур, замкнутый на встроенный защитный экран. Однако в настоящее время в употреблении находится еще большое количество мониторов старого образца, не удовлетворяющих современным требованиям безопасности. [23]

### 6.1.2.1 Повышенный уровень электромагнитных излучений

Каждое устройство, которое производит или потребляет электроэнергию, создает электромагнитное излучение. Источником электромагнитных излучений в нашем случае являются дисплеи ПЭВМ. Спектр излучения компьютерного монитора включает в себя рентгеновскую, ультрафиолетовую и инфракрасную области, а также широкий диапазон

электромагнитных волн других частот. Малые дозы облучения могут привести к раковым заболеваниям, нарушениям нервной, эндокринной и сердечно-сосудистых систем, которые являются обратимыми, если прекратить воздействия. Обратимость функциональных сдвигов не является беспредельной и определяется интенсивностью, длительностью излучения и индивидуальными особенностями организма. [24]

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 напряженность электромагнитного поля по электрической составляющей на расстоянии 50см вокруг ВДТ не должна превышать 25В/м в диапазоне от 5Гц до 2кГц, 2,5В/м в диапазоне от 2 до 400кГц. [2] Плотность магнитного потока не должна превышать в диапазоне от 5 Гц до 2 кГц 250нТл, и 25нТл в диапазоне от 2 до 400кГц. Поверхностный электростатический потенциал не должен превышать 500В. В ходе работы использовалась ПЭВМ типа IBM PC Pentium IV со следующими характеристиками: напряженность электромагнитного поля 2,3В/м; поверхностный потенциал составляет 430 В.

Согласно СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 конструкция ВДТ и ПЭВМ должна обеспечивать мощность экспозиционной дозы рентгеновского излучения в любой точке на расстоянии 0,05 м от корпуса не более 0,1 мбэр/ч(100мкР/ч). Предел дозы облучения для работников ВЦ (операторы, программисты) составляет 0,5 бэр/год. Анализ радиационно-гигиенических характеристик некоторых отечественных телевизионных приемников показывает, что мощность дозы даже на расстоянии 10 см от экрана не превышает предельных значений. [25]

Таблица 6.1. Перечень продукции и контролируемые гигиенические параметры.

N	Вид продукции	Код ОКП	Контролируемые гигиенические параметры
1	Машины вычислительные электронные цифровые, машины вычислительные электронные цифровые персональные (включая портативные ЭВМ)	40 1300, 40 1350, 40 1370	Уровни электромагнитных полей (ЭМП), акустического шума, концентрация вредных веществ в воздухе, визуальные показатели ВДТ, мягкое рентгеновское излучение*

## Продолжение таблицы 6.1

2	Устройства периферийные: принтеры, сканеры, модемы, сетевые устройства, блоки бесперебойного питания и т.д.	40 3000	Уровни ЭМП, акустического шума, концентрация вредных веществ в воздухе
3	Устройства отображения информации (видеодисплейные терминалы)	40 3200	Уровни ЭМП, визуальные показатели, концентрация вредных веществ в воздухе, мягкое рентгеновское излучение*

### 6.1.2.2. Недостаточная освещённость

Недостаточное освещение влияет на функционирование зрительного аппарата, то есть определяет зрительную работоспособность, на психику человека, его эмоциональное состояние, вызывает усталость центральной нервной системы, возникающей в результате прилагаемых усилий для опознания четких или сомнительных сигналов.

Установлено, что свет, помимо обеспечения зрительного восприятия, воздействует на нервную оптико-вегетативную систему, систему формирования иммунной защиты, рост и развитие организма и влияет на многие основные процессы жизнедеятельности, регулируя обмен веществ и устойчивость к воздействию неблагоприятных факторов окружающей среды. Сравнительная оценка естественного и искусственного освещения по его влиянию на работоспособность показывает преимущество естественного света.

Важно отметить, что не только уровень освещенности, а все аспекты качества освещения играют роль в предотвращении несчастных случаев. Можно упомянуть, что неравномерное освещение может создавать проблемы адаптации, снижая видимость. Работая при освещении плохого качества или низких уровней, люди могут ощущать усталость глаз и переутомление, что приводит к снижению работоспособности. В ряде случаев это может привести

к головным болям. Таким образом, становится очевидно, что неправильное освещение представляет значительную угрозу для здоровья работников.

Для оптимизации условий труда имеет большое значение освещение рабочих мест. Задачи организации освещённости рабочих мест следующие: обеспечение различаемой рассматриваемых предметов, уменьшение напряжения и утомляемости органов зрения. Производственное освещение должно быть равномерным и устойчивым, иметь правильное направление светового потока, исключать слепящее действие света и образование резких теней.

#### **6.1.2.3. Повышенный уровень шума на рабочем месте**

Одним из наиболее распространенных в производстве вредных факторов является шум. Он создается работающим оборудованием, преобразователями напряжения, работающими осветительными приборами дневного света, а также проникает извне. При повышенном действии шума затрудняется разборчивость речи, снижается работоспособность, ухудшается слух человека. Шум вызывает головную боль, быструю утомляемость, бессонницу или сонливость, ослабляет внимание, ухудшается память, снижается реакция.

Основным источником шума в кабинете являются вентиляторы блоков питания ЭВМ. По СанПиН 2.2.2/2.4.1340-03 при выполнении основной работы на ПЭВМ уровень звука на рабочем месте не должен превышать 50дБА. Следовательно, можно считать, что кабинет соответствует выше указанным нормам. [24]

### 5.1.3. Анализ выявленных опасных факторов при разработке и эксплуатации проектируемого решения

Основным *опасным фактором* - является *опасность поражения электрическим током*. К опасным факторам можно отнести наличие в помещении большого количества аппаратуры, использующей однофазный электрический ток напряжением 220 В и частотой 50Гц. По опасности электропоражения кабинет относится к помещениям без повышенной опасности, так как отсутствует влажность, высокая температура, токопроводящая пыль и возможность одновременного соприкосновения с имеющими соединение с землей металлическими предметами и металлическими корпусами оборудования.

При нормальном режиме работы оборудования опасность электропоражения невелика, однако, возможны режимы, называемые аварийными, когда происходит случайное электрическое соединение частей оборудования, находящегося под напряжением с заземленными конструкциями. [26]

Поражение человека электрическим током или электрической дугой может произойти в следующих случаях:

- при прикосновении к токоведущим частям во время ремонта ПЭВМ;
- при однофазном (однополюсном) прикосновении неизолированного от земли человека к неизолированным токоведущим частям электроустановок, находящихся под напряжением;
- при прикосновении к нетоковедущим частям, находящимся под напряжением, то есть в случае нарушения изоляции;
- при соприкосновении с полом и стенами, оказавшимися под напряжением;

Основными мероприятиями по обеспечению электробезопасности являются:

- изолирование (ограждение) токоведущих частей, исключающее возможность случайного прикосновения к ним;
- установки защитного заземления;
- наличие общего рубильника;
- своевременный осмотр технического оборудования, изоляции.

## **6.2. Экологическая безопасность**

Данная установка является экологически чистой и безопасной. Окружающие атмосфера и гидросфера не страдают от различного вида загрязнений. Для этого и разрабатывалась данная установка, чтоб не было вреда экологии. [27]

### **6.2.1. Анализ воздействия объекта на атмосферу и методы защиты**

Защита атмосферы. Наличие в воздухе вредных примесей приводит к раздражению дыхательных путей и слизистой оболочки глаз, данная установка не несет ни каких вредных факторов на атмосферу.

### **6.2.2. Анализ воздействия объекта на гидросферу и методы защиты.**

Защита гидросферы. При поломки данной установки на гидросферу будут влиять маслосодержащие примеси, которые будут попадать в воду. Также влияет на гидросферу коррозия металла у конструкции. Чтобы не случилась поломка нужно тщательно просмотреть перед запуском все узлы где находится маслосодержащие примеси, чтоб было закрыты специальными кожухами. Для устранения коррозии необходимо покрывать специальным средством детали, сделанные из металла. Или просто произвести замен детали. [28]



### **6.2.3. Анализ воздействия объекта на литосферу и методы защиты.**

Вид отходов: автолом и различный электронный лом. Относится к промышленным твердым отходам. Подлежат вторичной переработки (переплавка металла).

### **6.3 Безопасность в чрезвычайных ситуациях.**

Пожар в помещении наносит материальный ущерб, а также существует вероятность угрозы жизни и здоровья людей, находящихся в нем.

В помещении, где производилась дипломная работа, имеется электропроводка напряжением 220 вольт, предназначенная для питания вычислительной техники и освещения. При неправильной эксплуатации оборудования и коротком замыкании электрической цепи может произойти возгорание, которое грозит уничтожением техники, документов и другого имеющегося оборудования. Система вентиляции может стать дополнительным источником распространения возгорания. [28]

**Необходимо в аудитории проводить следующие пожарно-профилактические мероприятия:**

- организационные мероприятия, касающиеся технического процесса с учетом пожарной безопасности объекта;
- эксплуатационные мероприятия, рассматривающие эксплуатацию имеющегося оборудования;
- технические и конструктивные, связанные с правильные размещением и монтажом электрооборудования и отопительных приборов.

**Организационные мероприятия:**

1. Противопожарный инструктаж обслуживающего персонала;
2. Обучение персонала правилам техники безопасности;
3. Издание инструкций, плакатов, планов эвакуации.

**Эксплуатационные мероприятия:**

1. Соблюдение эксплуатационных норм оборудования;
2. Обеспечение свободного подхода к оборудованию. В кабинете рабочие места размещены так, что расстояние между рабочими местами с видеотерминалами (от поверхности экрана одного, до поверхности экрана другого) составляет порядка 4,5 м, расстояния между боковыми поверхностями порядка 1,5 м, что соответствует нормам. Из вышесказанного следует, что дополнительных мер защиты не требуется;
3. Содержание в исправном состоянии изоляции токоведущих проводников.

К техническим мероприятиям относится соблюдение противопожарных требований при устройстве электропроводок, оборудования, систем отопления, вентиляции и освещения. В коридоре имеется порошковый огнетушитель типа ОП-5, рубильник, обесточивающий весь кабинет, на двери приведен план эвакуации в случае пожара, и, на досягаемом расстоянии, находится пожарный щит.

Наиболее дешевым и простым средством пожаротушения является вода, поступающая из обычного водопровода. Для осуществления эффективного тушения огня используют пожарные рукава и стволы, находящиеся в специальных шкафах, расположенных в коридоре. В пунктах первичных средств огнетушения должны располагаться ящик с песком, пожарные ведра и топор. [29]

Если возгорание произошло в электроустановке, для его устранения должны использоваться огнетушители углекислотные типа ОУ-2, или порошковые типа ОП-5. Кроме устранения самого очага пожара нужно, своевременно, организовать эвакуацию людей.

## **6.4. Правовые и организационные вопросы обеспечения безопасности.**

### **6.4.1. Специальные (характерные для проектируемой рабочей зоны) правовые нормы трудового законодательства.**

При осуществлении трудовой деятельности между работником и работодателем заключается трудовой договор, в котором прописываются обязанности сторон, ответственность, а также права работника. Документом, определяющим трудовые отношения между работником и работодателем, регулирующим вопросы охраны труда, закрепляющим правила оплаты и нормирования труда, порядок разрешения трудовых споров является трудовой кодекс. [30]

Согласно Трудовому кодексу Российской Федерации, N 197 -ФЗ каждый работник имеет право на [10]:

- рабочее место, соответствующее требованиям охраны труда;
- обязательное социальное страхование от несчастных случаев на производстве и профессиональных заболеваний в соответствии с федеральным законом;
- получение достоверной информации от работодателя, соответствующих государственных органов и общественных организаций об условиях и охране труда на рабочем месте, о существующем риске повреждения здоровья, а также о мерах по защите от воздействия вредных и (или) опасных производственных факторов;
- обеспечение средствами индивидуальной и коллективной защиты в соответствии с требованиями охраны труда за счет средств работодателя;
- гарантии и компенсации, установленные в соответствии с настоящим Кодексом, коллективным договором, соглашением, локальным нормативным актом, трудовым договором, если он занят на работах с вредными и (или) опасными условиями труда.

В течение рабочего дня работнику должен быть предоставлен перерыв для отдыха и питания продолжительностью не более двух часов и не менее 30 минут, который в рабочее время не включается. Всем работникам предоставляются выходные дни, работа в выходные дни осуществляется только с письменного согласия работника.

Организация-работодатель выплачивает заработную плату работникам. Возможно удержание заработной платы только в случаях, установленных ТК РФ ст. 137. В случае задержки заработной платы более чем на 15 дней, работник имеет право приостановить работу, письменно уведомив работодателя [30].

Законодательством РФ запрещена дискриминация по любым признакам и принудительный труд [31].

#### **6.4.2. Организационные мероприятия при компоновке рабочей зоне исследователя.**

По ГОСТ 12.2.032-78 конструкция рабочего места и взаимное расположение всех его элементов (сиденье, органы управления) должны соответствовать физиологическим и психологическим требованиям, а также характеру работы. [31]

Рабочее место с ПК должно располагаться по отношению к оконным проемам так, чтобы свет падал сбоку, предпочтительнее слева (рис. 3). Компьютеры желательно располагать в помещении так, как показано на рис.3. Нужно избегать расположения рабочего места в углах комнаты или лицом к стене (расстояние от ПК до стены должно быть не менее 1 м), экраном и лицом к окну. ПК желательно устанавливать так, чтобы, подняв глаза от экрана, можно было увидеть самый удаленный предмет в комнате, так как перевод взгляда на дальнее расстояние – один из самых эффективных способов разгрузки зрительной системы при работе на ПК. При наличии нескольких компьютеров расстояние между экраном одного монитора и задней стенкой

другого должно быть не менее 2 м, а расстояние между боковыми стенками соседних мониторов – 1,2 м.

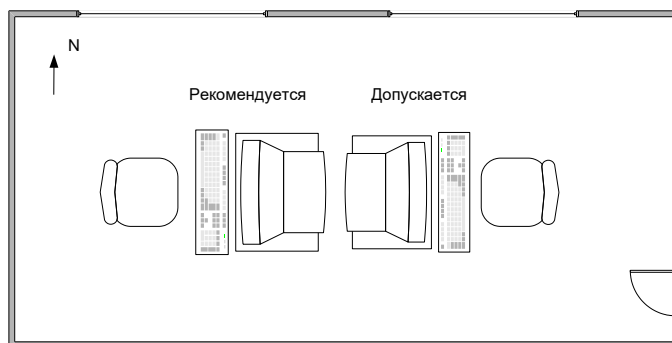


Рисунок 6.2 Расположение рабочего места с ПК

Экран монитора должен находиться на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом алфавитно-цифровых знаков и символов.

Конструкция оборудования и организация рабочего места должны обеспечивать оптимальное положение работающего, соответствующее ГОСТу 12.2.033-78 ССБТ. Рабочее место при выполнении работ сидя. Общие эргономические требования.

Высота рабочей поверхности стола при нерегулируемой высоте должна составлять 725 мм. Размеры рабочей поверхности стола должны быть: ширина - не менее 600 мм, длина - не менее 1200 мм. Рабочий стол должен иметь пространство для ног высотой не менее 600 мм, шириной - не менее 500 мм, глубиной на уровне колен - не менее 450 мм и на уровне вытянутых ног - не менее 650 мм. Рабочая поверхность стола не должна иметь острых углов и краев. Покрытие рабочей поверхности стола должно быть из диффузно отражающего материала с коэффициентом отражения 0,45-0,50. Рекомендуемый проход слева, справа и спереди от стола 500 мм. Слева от стола допускается проход 300 мм. Экран видеомонитора должен находиться от глаз пользователя на расстоянии 600-700 мм, но не ближе 500 мм с учетом размеров алфавитно-цифровых знаков и символов. Дизайн монитора ПК должен предусматривать окраску корпуса в спокойные мягкие тона с диффузным рассеиванием света

Положение тела пользователя относительно монитора должно соответствовать направлению просмотра под прямым углом или под углом 75 градусов.

Составной частью рабочего места в положении сидя является кресло, которое должно обеспечивать пользователю физиологически рациональную рабочую позу, соответствующую характеру и условиям труда. Рабочая поза должна соответствовать критериям функционального комфорта.

Тип рабочего кресла выбирается в зависимости от продолжительности работы: при длительной работе - массивное кресло; при кратковременной - кресло легкой конструкции, в соответствии с СанПиНом 2.2.2/2.4.1340-03. Сиденье должно быть удобным с закругленными краями и размером примерно 40х40 см. Высота спинки кресла примерно 50 см от поверхности сиденья. Кроме того, желательно чтобы спинка и сиденье были мягкими и выполнены из материалов, пропускающих воздух. Форма и размер кресел должны соответствовать ГОСТу 21889-76. Система Ч-М. Кресло человека-оператора. Общие эргономические требования. При любой форме кресла должна быть спинка, обеспечивающая правильную позу.

## **ЗАКЛЮЧЕНИЕ**

1. В процессе выполнения выпускной квалификационной работы был выполнен литературно-аналитический обзор методов и источников электрической энергии из потока жидкости преобразователя возвратно –вращательного движения. Выявился основной недостаток существующих источников электрической энергии, заключающийся в том, данные устройства сложны в применении, трудоемки, затраты с финансовой и ресурсной сторон.
2. В разделе расчеты и анализ было проведено исследование динамики устройства кинематики предложенного устройства. Определены его условия существования, при котором будет работать данный механизм.
3. Также спроектированная 3D модель устройства.
4. Была теоретически исследована математическая модель и получены графики амплитуды и перемещения крыла.
5. В разделах финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение и социальная ответственность рассчитана стоимость научно технологического исследования для данной установки, на основе которой выбрано наиболее экономически выгодное решение. Описаны меры безопасности при данном виде работ, меры по пожарной безопасности.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Абрамов А. И., Иванов-Смоленский А. В. Проект тирование гидрогенераторов и синхронных компенсаторов. М.: Высшая школа, 1978.
2. Волшаник В. В., Зубарев В. В., Франкфурт М. О. Использование энергии ветра, океанских волн и течений. В кн.: Итоги науки и техники. Сер. Нетрадиционные и возобновляемые источники энергии. Т. I. М.: ВИНТИ, 1983.
3. [Электронный ресурс] URL: <https://studopedia.org/9-46777.html>
4. Патент РФ RU 83545 U1, 10.06.2009. RU 23652 U1, 27.06.2002. RU 2020241 C1, 30.09.1994. RU 2183899 C2, 20.06.2002. GB 2131490 A, 20.06.1984.
5. Патент РФ Заявка: 2009124287/03, 26.06.2009 E02B9/00 Гидроэлектростанции; их планировка, конструкция или оборудование; способы и устройства для их возведения.
6. Патент РФ 2059104 27.04.1996 Способ эксплуатации малой гэс.
7. Патент РФ 2395001 24.04.2008 г. ГЭС на спиральном потоке воды.
8. [Электронный ресурс] URL: <http://www.engb.com/>.
9. [Электронный ресурс] URL: <http://www.biopowersystems.com/>.
10. Гидроэнергетика и комплексное использование водных ресурсов СССР/ Под ред. П. С. Непорожного. — 2 — е изд., перераб. и дополи. М.: Энергоиздат, 1982.
11. Гидроэнергетические установки/ Под ред. Д. С. Щавелева. Л.: Энергоиздат, 1981.
12. Комаров А.А., Кудинов А.А., Зинченко В.И. Конструкция и эксплуатация воздушных судов. - М: "Транспорт", 1986.
13. Житомирський Г.И. Конструкция самолетов. М.: Машиностроение, 1992.



14. Елаховский С. Б. Гидроэлектростанции в водноэнергетических системах. М.: Энергия, 1979.
15. Использование водной энергии/ Под ред. Д. С. Щавелева. Л.: Энергия, 1976.
16. Карелин В. Я., Волшаник В. В. Сооружения и оборудование малых гидроэлектростанций. М.: Энергоатомиздат, 1986.
17. Пановко Я. Г. ГИ16 Основы прикладной теории колебаний и удара. Изд. 3-е, доп. и переработ. Л. «Машиностроение» (Ленингр. отд-ние), 1976. 320 с.
18. Вибрации в технике: Справочник. В 6 т. / В. Н. Челомей и др. – М.: Машиностроение, 1979–Т. 4. Колебания нелинейных механических систем. / Под ред. И. И. Блехмана. 1979. 351 с.
19. Горфинкель В. Я., проф. Швандар В. А. Экономика предприятия: Учебник для вузов — 4-е изд., перераб. и доп. - М.: ЮНИТИ-ДАНА, 2007. – 670
20. Рахимов Т. Р. Финансовый менеджмент: Учебное пособие. – Томск: Изд-во ТПУ, 2012. – 264 с.
21. Конотопский В. Ю. Методические указания к выполнению раздела «Финансовый менеджмент, ресурсоэффективность и ресурсосбережение» магистерских диссертаций для всех специальностей ИК/ сост. В. Ю. Конотопский Томск. Издательство ТПУ, 2015г.
22. Охрана труда. Основы безопасности жизнедеятельности // [www.Grandars.ru.URL:http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnostzhiznedejatelnosti/ohrana-truda.html](http://www.grandars.ru/shkola/bezopasnostzhiznedejatelnosti/ohrana-truda.html)
23. ГОСТ 12.0.003-2015. Система стандартов безопасности труда. Опасные и вредные производственные факторы. Классификация // Ассоциация инженеров - программистов по охране труда.

24. СН 2.2.4/2.1.8.562-96. Шум на рабочих местах, в помещениях жилых, общественных зданий и на территории жилой застройки // Библиотека гостей и нормативов. 2016.
25. Попов В.М. Психология безопасности профессиональной деятельности: учебное пособие / В. М. Попов; Изд-во Новосибирского государственного технического университета, 1996 г. – 155 с.
26. ГОСТ Р 50923-96 Дисплеи. Рабочее место оператора. Общие эргономические требования и требования к производственной среде. Методы измерения // Электронный фонд правовой и нормативнотехнической документации.
- 27.13. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-22-3-03-94> (дата обращения: 11.03.2017).
28. СП 12.13130.2009. Определение категорий помещений, зданий и наружных установок по взрывопожарной и пожарной опасности.
29. Попов В.М. Психология безопасности профессиональной деятельности: учебное пособие / В. М. Попов; Изд-во Новосибирского государственного технического университета, 1996 г. – 155 с.
30. ГН 2.1.5.1315-03. Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования.
- 31.13. ГОСТ Р 22.3.03-94. Безопасность в ЧС. Защита населения. Основные положения. URL: <http://docs.cntd.ru/document/gost-r-22-3-03-94> (дата обращения: 11.03.2017).

## Приложение А

### Раздел 1 Информационно аналитический обзор

Студент:

Группа	ФИО	Подпись	Дата
8НМ61	Иванов Сергей Евгеньевич		

Руководитель ВКР

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Гаврилин А. Н.	к.т.н.		

Консультант – лингвист отделения иностранных языков

Должность	ФИО	Ученая степень, звание	Подпись	Дата
Доцент	Степура С. Н.	к.ф.н.		

## **1. Literature review**

The purpose of this part is to study the dynamics of energy sources from the liquids flow of the reverse-rotational motion converter (mini hydroelectric power station).

A small hydroelectric power station (SHPS) is a hydroelectric power plant that generates a small amount of electricity. It is based on hydropower plants with a capacity from 1 to 3000 kW.

The concept of a small hydroelectric power station is not universally accepted for all countries, therefore, the main characteristic of such HPP is their installed capacity.

Such installations are classified by its capacity:

- equipment for a SHPS with a capacity of up to 100 kW;
- equipment for SHPS with a capacity of up to 1000 kW.

The most famous renewable sources are wind generators, solar batteries, hydro generators (HPP). Such sources work in corrosive environment and have the highest results in the same period of time.

It will take a very large cash outlay to build a dam. Besides, it also needs to be coordinated with local authorities. A dam-free station (SHPS) is called flow hydroelectric station. Currently, there are four versions of such devices.

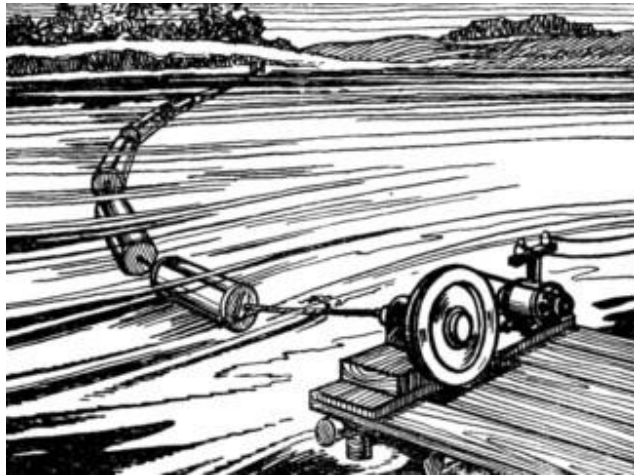
Existing options for a SHPS:

- A water wheel is a wheel with blades that installed perpendicular to the surface of the water. Water falls on the blade and causes the rotation of the wheel.



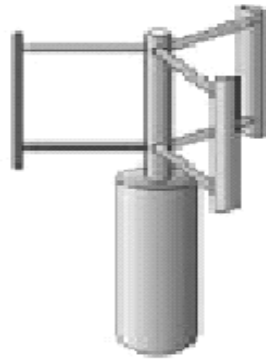
*Fig. 1.1. Water wheel*

- Garland SHPS as shown in the Figure 2 has a cable on which rotors are fixed rigidly.



*Fig. 1.2. Garland mini hydropower plant*

- The Daryer Rotor is a vertical rotor, which rotates due to the pressure difference on its blades.



*Fig. 1.3. Daryer Rotor*

- A propeller is an underwater "windmill" with a vertical rotor.

Advantages and disadvantages of various SHPS:

The disadvantages of the Garland small SHPS include:

- 1) high material consumption;
- 2) the underwater cable on which the rotors are fixed is very long;
- 3) negative impact on the environment;
- 4) low efficiency.

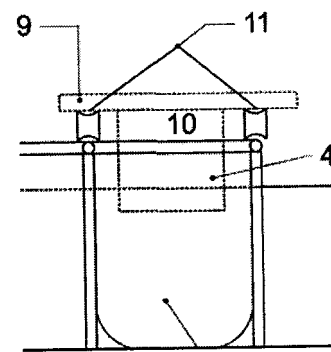
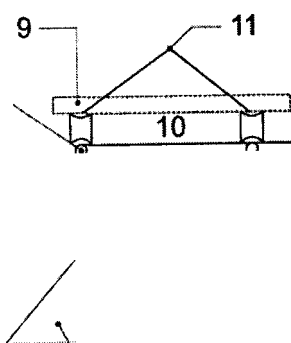
Garland hydropower plant can be attributed to a small dam.

Rotor Daryer is known to be complicated in its production. Before you start working you need to untwist it. But its advantage lies in the fact that the axis of the rotor is located vertically, and the power can be removed from the water without additional gears. This type of rotor will move with any change in the flow direction.

Thus, from the point of view of the manufacture simplicity and the maximum efficiency reception with minimum expenses, it is necessary to choose such type of construction as a water wheel or a propeller.

## **1.1 Patent Review.**

### **1.1.1 HPS on the ring water flow.**



6 М

Фиг. 1

Figure.1.4 Diagram (cross-section along the diameter) of the circular tray with a flow inlet and outlet and with a natural head of water from the river

The invention relates to the field of hydropower. The device comprises a water intake from the river, a fast flow or pressure pipeline, a spiral or an annular channel directing the flow into the turbine and a generator connected to the turbine. The dispersed stream flowing from the inlet pipe acquires the form of an annular tray of the hydro-ring type. A threshold is set at the bottom of the annular tray and the bottom of the annular tray is below the level of the inlet branch pipe to the threshold height. On the outer side of the circular tray where installed monorails can be found there is a segmented surface drain before the inlet branch pipe. The drain is equipped with a horizontal control valve along the arc of the outer side, a drainage tank is placed under the drain to pass to the branch pipe tangent housing, and the pylon is mounted in the center of the water ring to fasten the rotor axis hydraulic turbine generator or electric current. The invention simplifies the design of the HPP and increases the generation of electricity.

The invention relates to the field of hydropower, in particular, to the generation of electricity from a mass of water flow moving along a closed tray, with artificial or natural acceleration in the form of a kinetic hydraulic installation.

Analogs of the application: 2003122970, patent 2183899.

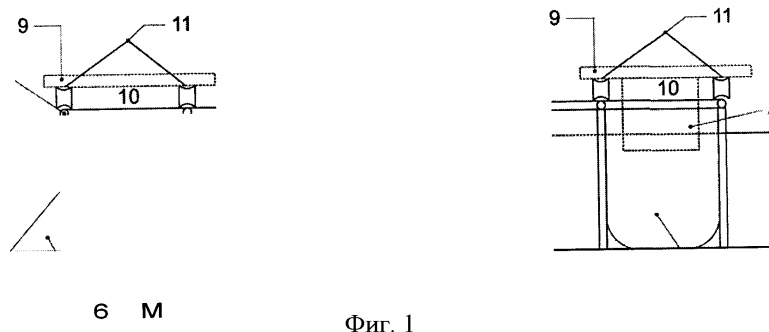
The closest technical solution (prototype) is so-called "Gravitational whirlpool station" Franz Zotleterer from Sweden, including bringing system of a conduit (a pressure head derivation), ring, in the form of the cylinder, the pool with spiral whirlpool release in the center where the water-wheel with a vertical axis of rotation and the generator of current is placed.

Lack of the prototype is that this type of hydroelectric power station, using a direct stream of the river, after turbulence, gets to the central funnel where the standard turbine with the current generator is located. This scheme imitates "snail" of large platinic hydroelectric power stations, only the pool with the whirlpool is open and it has a cylindrical form, but not the form of a snail. The similar hydroelectric power station demands a big consumption of water, at a small pressure (0,7-1,0 m) on unit of the developed power. It is irrational to increase diameter of the pool (more than 5 m) since the consumption of materials and cost of a power unit sharply increases, service becomes complicated, and the power of hydroelectric power station grows not considerably (efficiency falls). Location of the units in the center of a whirlpool also complicates its installation, service, and especially reparation, it is necessary to flush the pool completely and to take the unit or demands to create crane superstructures, besides, of plums through a funnel additional depth under the case.

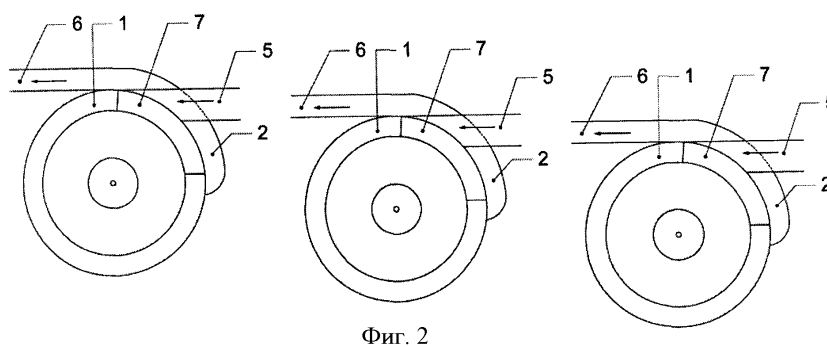
The core of the proposed invention is that the accelerating flow, which is poured from the inlet fitting along a tangent to the body of the open ring tray, takes the form of an annular tray of the kinetic hydroring type. At the entrance of the flow to the annular tray, at the bottom, a threshold is set, the bottom of which is below the level of the inlet branch pipe to the height of the threshold. On the outer side of the ring tray, where monorails are installed, a segmental surface drain is provided in front of the inlet fitting, provided with a horizontal control valve along the arc of the outer side. Under the sink there is a container for collecting the drain water, passing into the branch pipe on the tangential bodies, and in the center of the housing of the tray ring there is a pylon for fixing the rotor axis of the hydro turbine or the entire electric current generator.



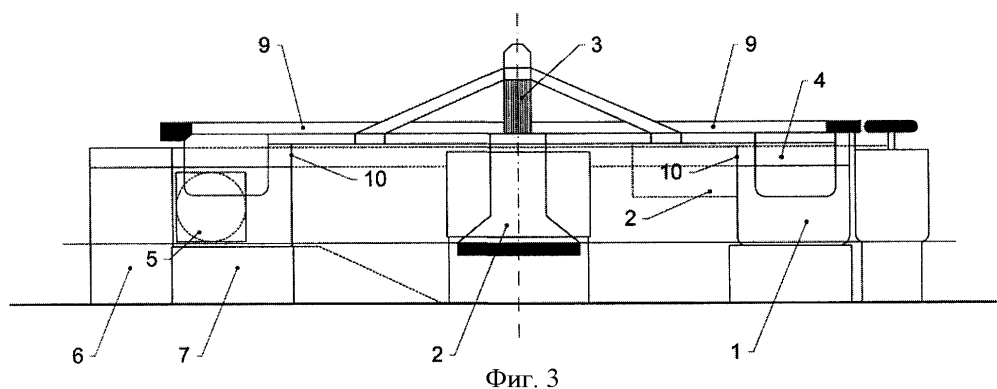
The structure of the hydroelectric power station is explained by the ring water flow by schemes where:



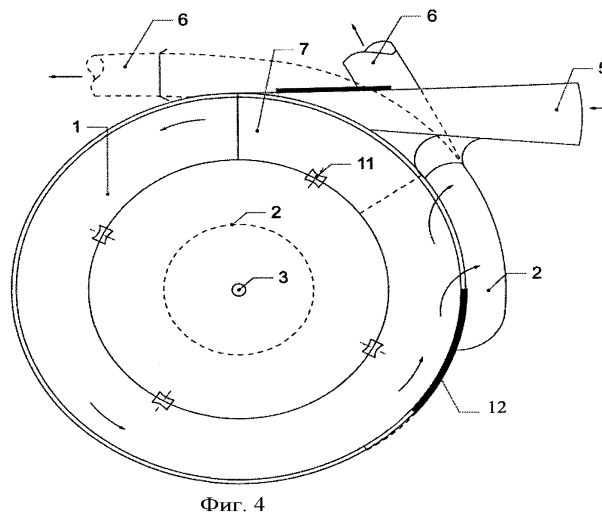
*Fig. 1.5. Scheme (cross section of the diameter) of the circular tray with a flow inlet and outlet and with a natural head of water from the river.*



*Fig.1.6. The approximate scheme in the plan, the possible R-cascade of the ring micro hydroelectric power stations placed on a natural bias of a landscape on one rapid flow.*



*Fig. 1.7. Cross-section of the ring body with an electric generator in the center.*



*Fig. 1.8. Ring hydroelectric power station, top view.*

The overhead channel is arranged along a closed ring with the onboard outlet, the discharge slot in the upper part of the board directs the flow into the tray, as if it continues its journey further along the same original direction. With this circuit of the ring basin, with the same flow parameters, the flow strength can be used more efficiently due to the energy of the kinetic hydro ring if the turbine is placed on the rails on the guides fixed along the upper edge of the circumference of both sides of the pool, i.e. an additional force moment appears. The turbine can be attached to its axis in the center of the pool (with a diameter of the outer side not more than six meters) or with the ability to support rollers on the internal monorail. If the diameter of the ring is more than 6 m, the turbine becomes a planetary mechanism, and the generators can be mounted either inside the free ring cavity, or behind the outer edge of the annular channel.

The turbine working blades are lowered into the water flow of the annular chute. The depth of water in the tray, the width of the ring tray and the head are calculated separately for each flow head diameter, turbine type and generator type. Such circular spiral pools can be made from the slope of the relief in a cascade with minimal material costs (Fig. 2).

This scheme of HPS (with the top location of the turbine and generators) has a large range of use both in the location with respect to the source of the head (river) or the energy consumer, and in the form of the section of the ring pools, their size and configuration in cascades, and, most importantly, the volume of flow of the

ivers, and completely different new ways of extracting electrical energy from the kinetic energy of the ring flow (hydro-ring).

The HPS operates as follows: the flow of water taken by derivation from the river is directed to the concrete or plastic ring tray 1 (fig. 1, fig. 2, fig. 4) by the flow or pipe 5 of the design diameter. Water, along the feed chute 5, enters the spiral of the tray 1, twisting, acquires additional acceleration and leaves through the side discharge into the chute 6 or to the derivation to the next station (fig. 2). Before entering in the chute is set a threshold 7, which regulates the level of flow in the spiral chute 1. If the circular channel of the hydroelectric power station is small-diameter (up to 6 m), the turbine 9 can be placed by its axis 3 of rotation on the pylon 2 in the center of the circle inside the cavity, and the vanes 4 placed along the edge of the circumference of the turbine are contacted with the water flow in the annular chute, and by means of rollers 11 with a monorail 8 (fig 1).

The turbine, rotating from the flow of water, through any known reduction transfers rotation to the generator, and the less losses on the reducers, the greater the power received. The power can be larger with an increase in the diameter of the annular chute to 8 m (more is irrationally), but in this case the turbine 9 is rotated by rollers 11 on the ring monorails 8 installed at the top edges of the trays and represents the already segmented ring of the turbine with blades 4. Power takeoff rotation in such a planetary turbine also requires special technical solutions and represents a know-how. "Spent" water after the first mini-HPS through the water pipeline 6 is sent either back to the river, or through the tray to the next station in the cascade, if the slope of the terrain allows it.

#### Formula of the invention

An apparatus for producing electric power, comprising: a water intake from a river, a rapid flow or pressure pipeline, a spiral or annular chute directing the flow to the turbine and a generator connected to the turbine, characterized in that the accelerating flow pouring from the inlet pipe acquires the form of an annular hydro-, and at the entrance of the flow to the annular tray, a threshold is set at the bottom, and the bottom of the ring tray is below the level of the inlet branch pipe to the height

of the threshold, and on the outer side of the ring tray where the monorail a segmental surface drain is provided in front of the inlet branch pipe, equipped with a horizontal control valve along the arc of the outer side, a drainage tank is placed under the drain to pass into the branch pipe along the tangential body, and a pylon is mounted in the center of the tray ring housing to fix the rotor axis of the turbine or generator of electric current.

### **1.1.3 Equalization tank of the pressure derivational water conduit of hydroelectric power station.**

Use: in hydraulic engineering for damping of hydraulic impact in HPP derivations. Summary of the invention: an inclined chamber of an equalizing tank is connected to the junction of the pressure diversion water conduit and the turbine water conduit, the free end of which is communicated with the atmosphere by means of an air duct. The inclined chamber is at the same time a connecting element between the air duct and the turbine water conduit, as well as the working zone of the equalizing tank in the stationary operation modes of the hydroelectric power station. When the pressure in the lower part of the chamber changes, the water level in it changes, which ensures the damping of the hydraulic shock in the diversion water conduit. 1 h.

The invention relates to hydraulic engineering and is intended for use in the construction of equalizing reservoirs of derivational tracts of hydroelectric power stations.

Change in load of a hydroelectric plant causes fluctuations in water masses in pressure derivation. When the load of the station is relieved, the movement of water in the pressure pipeline slows down, then in the pressure derivation this inertial motion will continue for some time and the water will fill the equalizing tank. With a sharp increase in the station load, the processes occur in reverse order. Any changes in the station's load cause certain fluctuations in the water level in the surge tank, the design of which must ensure their effective damping. Otherwise, the operation of the hydroelectric power station may prove unstable, lead to the disconnection of the HPP from the power system and the release of water from the equalizing tank.

Thus, the equalizing reservoir protects the hydroelectric power plant from hydraulic shocks, reduces the maximum pressure in the turbine pipelines and improves the regulation of turbines. This is due to the fact that one of the main parameters of the equalizing reservoir is the area of its horizontal section, which

ensures the maximum effective attenuation of oscillations and reduction of the negative consequences of a hydraulic shock. The area of the horizontal section of the reservoir should be greater than the so-called critical section, determined by the conditions of stability of the HPP.

To assess the technical level of the claimed solution, let us consider a number of similar technology objects.

There is an equalizing reservoir for a pressure tunnel of a hydroelectric power plant, which is made in the form of an underground chamber in which a horizontal diaphragm is installed at the level of the vault of the escaping tunnel, see as. N275856, 84 a9 / 06.

A significant shortcoming of this solution is a large amount of underground work.

The equalizing reservoir of a turbine water conduit of a derivational hydroelectric power station is known, including a vertical cylindrical tank equipped with a hydraulic resistance, see as. N1666635, E 02 B 9/06.

Such a solution is complicated by the constructive performance of the reservoir and does not ensure its efficient operation.

An equalizing reservoir of a pressure water conduit is known, which includes an open vessel in which the upper zones of adjacent sections of water conduits are used as the lower regulating volume, which have a ceiling elevation towards the interface unit, see as. N 1028767, E 02 B 9/06.

Such a solution significantly complicates the design of pressure water conduits, and can also in some cases lead to the formation of closed air cavities, which will cause undesirable additional dynamic loads.

The closest technical solution to the claimed is the equalizing reservoir of the HPS derivational tract, which includes an inclined chamber (shaft) connected by a lower end to a pressure water conduit, and the upper end to the atmosphere, see "Hydroelectric stations" edited by FF Gubin, M. Energia 1980 g. 314.

The common features with the declared solution for this device are the camera connected to the pressure water conduit and the aeration channel to which it is

communicated with the atmosphere, therefore this decision was chosen by us as a prototype.

The disadvantage of the prototype is the considerable amount and cost of the work associated with the execution of the chamber, usually underground, which, under the conditions of compensation for hydraulic disturbances in the derivational path, changes in the load of the hydro station have to perform impressive dimensions and in some cases supply it with additional regulating volumes, which complicates and increases costs construction. Method

The aim of the invention is to simplify the design and increase the efficiency of the tank equalization.

According to the invention, a chamber is located at an angle of less than  $45^\circ$  and is communicated with the atmosphere by means of an air duct in the equalizing reservoir of the pressure water conduit of the hydroelectric power plant, which includes an inclined chamber, the lower part connected to a pressure water conduit, and the upper part to the atmosphere.

This is the set of essential features of the claimed technical solution, on which the scope of legal protection is sought.

In addition, the claimed solution can be characterized by additional facultative features, which are reduced to the fact that the inclined chamber is made in the form of an underground tunnel and is located to the horizon at an angle of  $5-15^\circ$ .

The primary technical result achieved by using the essential features of the claimed solution is that small perturbations of the water masses in the derivational path are effectively damped in the inclined chamber, which is the working zone of the reservoir, due to the increased area of its horizontal section, and for relatively large perturbations in operation an air duct enters, which is a significant resistance both to the air displaced from the water conduit and to the air sucked into it. The joint operation of the inclined chamber and air duct creates improved conditions for perceiving all possible disturbances and ensures their attenuation.

This result is achievable only with the realization of all the features of the aggregate claimed without exception, it is a property of this aggregate and ensures

the appearance of a number of new useful features in the object of the invention, consisting in simplifying the design of the reservoir, abandoning the upper chamber, and reducing the amount of work.

This allows us to recognize the claimed technical solution with the appropriate criterion "inventive step".

The essence of the invention is explained in the drawing, which shows a section along the derivational path of the hydroelectric power station at the location of the equalization tank.

A weakly inclined chamber 3 of the equalizing tank is connected to the junction of the pressure diversion conduit 1 and the turbine water conduit 2, the free end of which is communicated with the atmosphere by means of the air duct 4.

Description of the device:

When a hydroelectric power plant is in operation, the horizontal cross-section of the inclined chamber 3, increased due to its inclination by an angle of less than  $45^\circ$ , provides the necessary surface area of the water for the stable operation of the station. When the load is released on the units of the hydraulic station, the water level in the inclined chamber 3 begins to rise and expel air through the air duct 4, which creates resistance to the air outlet, which leads to an increase in the air pressure in the chamber 3. As a result, the speed and magnitude of the water level in chamber 3 to decrease.

With the reverse phase of the oscillations, the air duct 4 prevents the air from sucking, as a result of which the air pressure in chamber 3 is lowered than atmospheric, which reduces the rate of water decrease and the amplitude of the oscillations, which rapidly decay. When a load is applied to the hydraulic station, the required volume of water is provided by the volume of the inclined chamber 3 of the equalizing tank. According to the conditions of production of tunneling works in the construction of such a chamber in the form of an underground tunnel, the optimal angle of its inclination is in the range of  $5-15^\circ$ , which is also optimal from the point of view of the stability of the damping of fluctuations in the mass of water



in the derivational tract under normal operating conditions of the HPP; with small changes in the load on the unit.

The use of the claimed technical solution provides the following advantages over the known analogs:

- simplification of the design of the reservoir, reduction of the volume of construction work;
- increasing the efficiency of operation in the conditions of a large range of changes in the marks of the upper tail, and also in conditions of the start-up of a hydro power station with low pressure.

Formula of invention

1. The equalizing reservoir pressure HPP diversion conduit comprising a feeder, connected to the lower part of the penstocks and the upper portion with the atmosphere, characterized in that the chamber is at an angle to the horizontal the duct.

2. Reservoir according to claim 1, characterized in that the chamber is in the form of an underground tunnel and is located at an angle of 5-15 to the horizon.

## **1.2. Relevance of the topic.**

### **1.2.1. Strategy of alternative energy sources**

Today in the world there is not even one sphere that can do without the consumption of electricity. Humanity replaces manual labor with machinery at a rapid pace. Document management, education, design, management, production - practically nothing happens without the participation of electronics. But still there are other ways of obtaining energy for transport and heating of real estate, namely coal, gas, oil products. For Russia, at the moment this direction of energy is unprofitable. In the short term it makes sense only in some spheres of human activity, but in the long term this direction is the most profitable and strategically correct.

### **1.2.2. The purpose of autonomous power supply**

The development of new lands for the purpose of exploration and mining of minerals and other natural resources remains urgent in Russia. Tourism and recreation are gaining popularity in areas where the delivery of electric grids is either unprofitable (including due to remoteness) or will violate the balance of the local ecosystems. We propose one solution for all the cases in this paper.

### **1.2.3. Potential of the proposed method**

In addition to autonomous power supply for remote and inaccessible territories adjacent to rivers the proposed method based on flutter and vortex-oscillation phenomena allows to develop the installations of various sizes and capacities intended for different locations, reservoirs and water flow types, respectively.

## **1.3. Advantages of generators with oscillating wings.**

During the performance of the final qualifying work, it is necessary to analyze the means and methods for diagnosing the oscillating wing. In the selection of energy from the fluid flow, the entire entire surface of the wing participates evenly. In contrast, the surface of the screw is unevenly involved. Therefore, the coefficient of energy use of currents with the help of the oscillating wing is higher than that of conventional screws (see Figure 1).

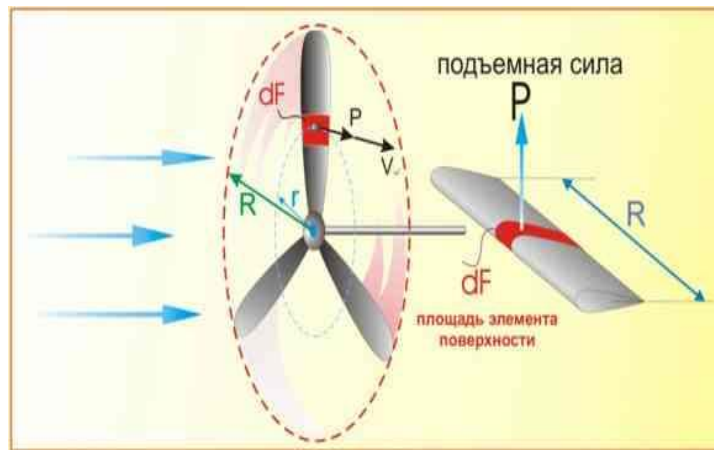


Fig. 1.9 Comparison of working surfaces

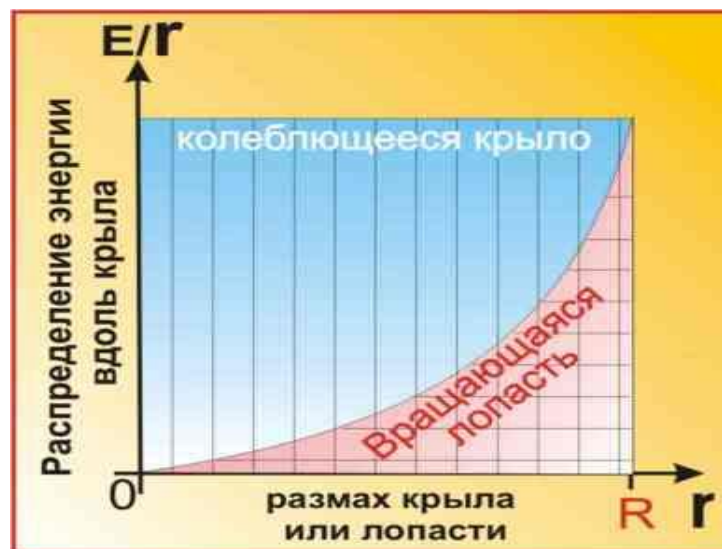


Fig. 1.10. The distribution of energy extraction from the currents along the blade of the rotating screw and along the surface of the oscillating wing.

The presented method has a number of advantages:

- At the end of the wing, there is no high flow velocity.
- This installation is dam-free, and, therefore, it is slightly cheaper.
- • Easier design of the flow direction.
- • Simple matching of wing oscillations with pumps and oscillating-type devices.
- • Smaller in height; easily agrees with the horizontal relief of the earth or the bottom of the river.
- • No noise at the impeller frequencies.
- • High reliability.

- • Simplicity and cheap construction. When using hydraulics or pneumatics, a reducer is not required.
- • Possibility of manufacturing in the form of modules, and their compact installation.

Disadvantages in connection with the use of stationary aero-hydrodynamics:

- Low efficiency of extraction of kinetic energy of currents and wind (10-40%);
- Wind turbines start to work only with relatively high speeds of currents and wind;
- The ends of the propeller blades move at a very high speed, which leads to water flow failure and cavitation in the water, and to air flow failure and supersonic speed at the ends of the blades.

#### **1.4. The analogues of power plants, extracting the energy of underwater currents with the help of an oscillating wing.**

##### **1.4.1. Companies that develop small hydropower plants abroad.**

For the first time in the world, the English firm The Engineering Business Ltd has created a hydrogenerator (the Stingray project), extracting the energy of the underwater current by means of an oscillating wing.

In 2002, it was launched under water and for a year already a hydroelectric power station with an oscillating wing of 150 kilowatts has been successfully operating.



*Fig. 1.11. Hydroelectric plant with oscillating wing.*

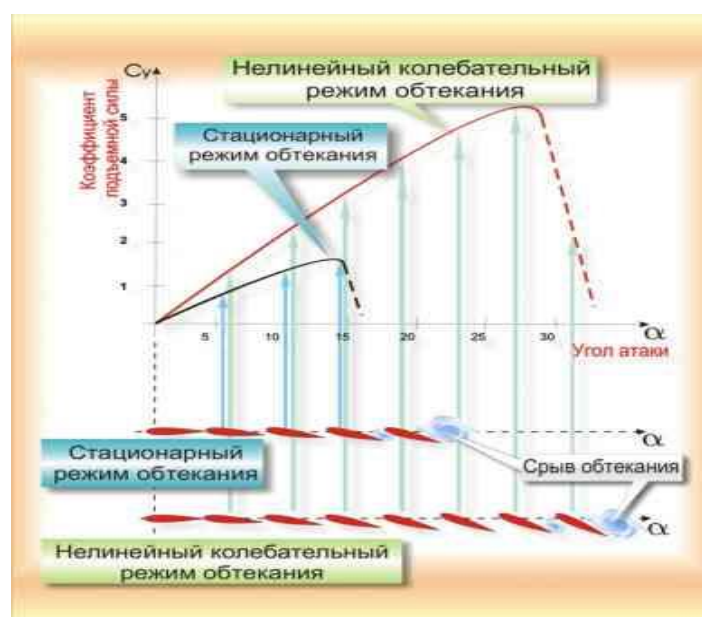
There is also a company "BioPower Systems Pty Ltd", which works in the field of renewable energy sources. They are currently developing ocean energy conversion technologies for industrial installations (see Figure ??)



*Fig. 1.12. Setting up a company "BioPower Systems Pty Ltd"*

Advantages of using nonlinear oscillatory aerohydrodynamic modes:

1. The coefficient of lift is increased. At significantly higher angles of attack, the flow around the wing is disrupted. Consequently, the selection of the energy of the flow increases, and the operation of the generator itself will begin at low flow rates.



*Fig. 1.13 Wing flow*

2. Application of more effective laws of wing oscillation. The selection of energy simultaneously with the help of lifting forces and frictional forces acting on the wing. This will lead to an increase in the selection of the kinetic energy of the flow.



*Fig. 1.15 The structure of energy separation*

3. Reduction of hydrodynamic and aerodynamic resistance by means of application of elements of wave flow and oscillations.

4. Use of the attached elasticity (elasticity caused by the vortex structure of the fluid near the oscillating wing). This will lead to an increase in the volume of the current medium participating in the aerohydrodynamic interaction with the oscillating wing and, as a consequence, in increasing the effective hydraulic area and the energy withdrawal coefficient of the flow.

Designing the device as a single oscillating system will give the following advantages:

- It will lead to an increase in the selection of energy from the stream and a reduction in the cost of construction;
- Use the attached elasticity instead of (or additionally) the elastic elements of the wing design. This will lead to simplification and cheaper construction;
- Use of special transfer-matching elements to reconcile the dynamic and kinematic characteristics of the flow with the load (with the energy consumer). This will result in the coordination of the transfer of energy from the energy source to the power generator (otherwise the energy will return back to the flow). Also with the help of these elements, a complex spatial wing trajectory is created, which extracts

energy not only with the help of a lifting force, but also with the help of frictional forces;

- The use of an adaptive microprocessor control system will result in the maximum output power of the plant.

#### **1.4.2. Hydropotential of Russia, its use.**

In the early 1960s the USSR had 11.4% of the world's hydropower resources. On average, a year in the former USSR, the capacity of hydro resources was estimated at 434 million kW, that is (3.800 billion kWh of energy return per year). Some calculations have shown that it is possible technically and economically to get cleverly about 1,700 billion kW of electric power 5 times higher than the output of all power plants of the country in that period.

The bulk of this hydro potential (74%) was located on the territory of the Russian Federation. The average annual potential capacity of Russia's hydro resources was estimated at 320 million kW (production - 2.800 billion kWh per year), of which the production of more than 1.340 billion kWh at that time was technically possible.

Based on the conducted information-analytic review, it may be concluded that the existing methods are complex in application, time-consuming, the financial and resource side costs, based on this information, the device proposed below will be developed.